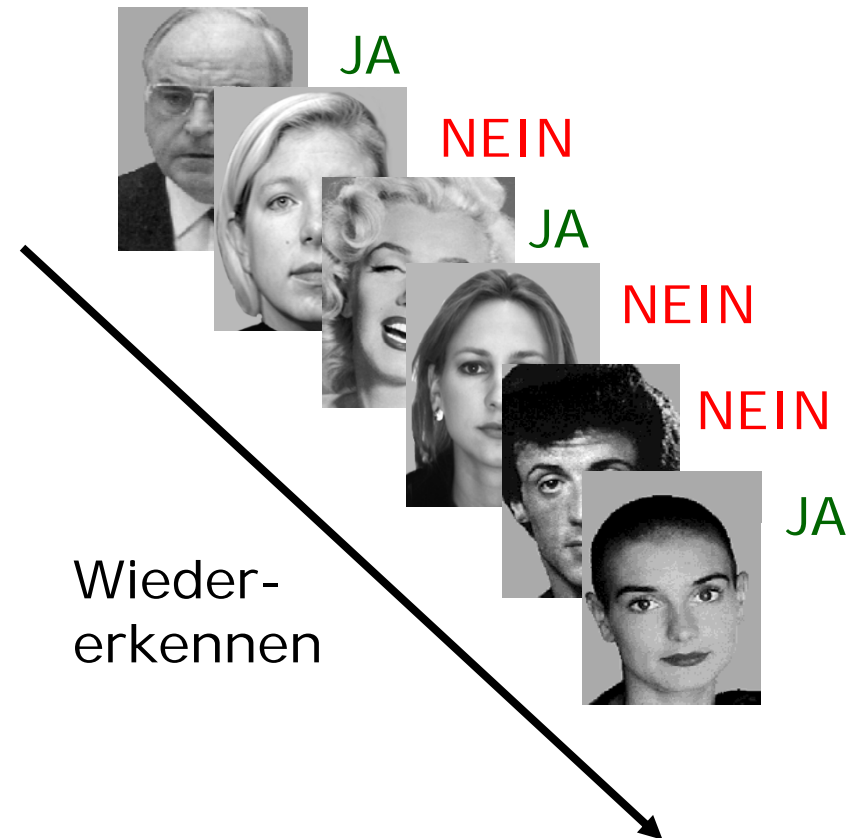
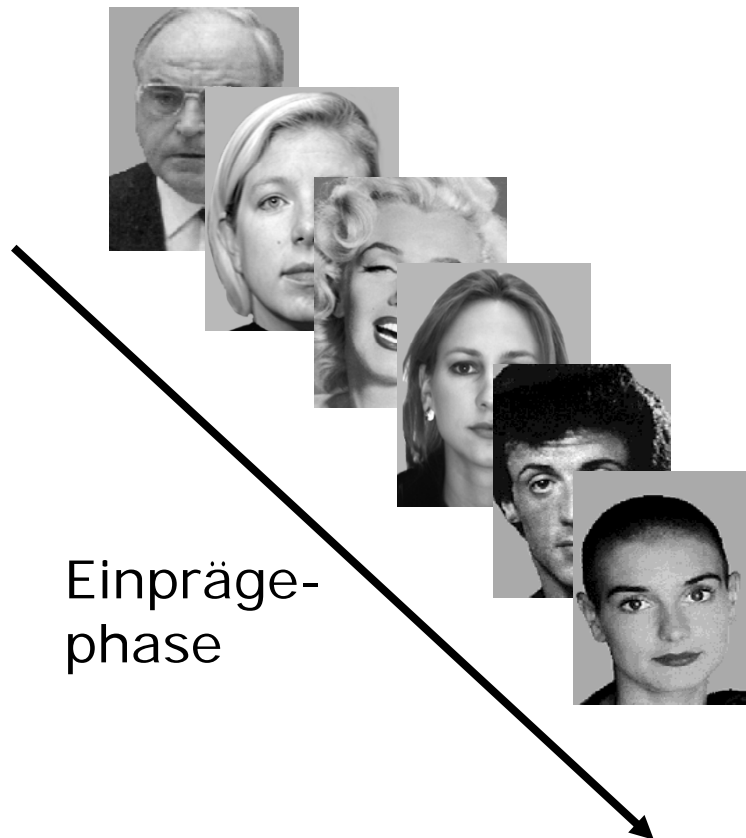
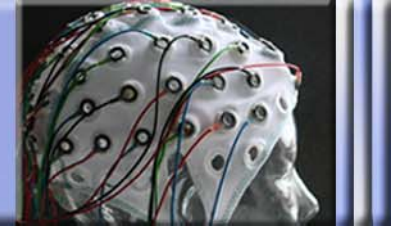




Warum  
EEG/EKP?

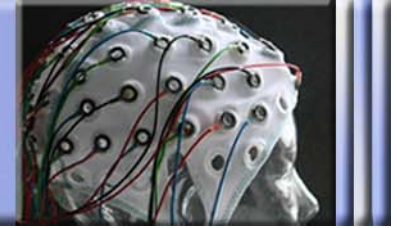


# Warum EEG/EKP ?

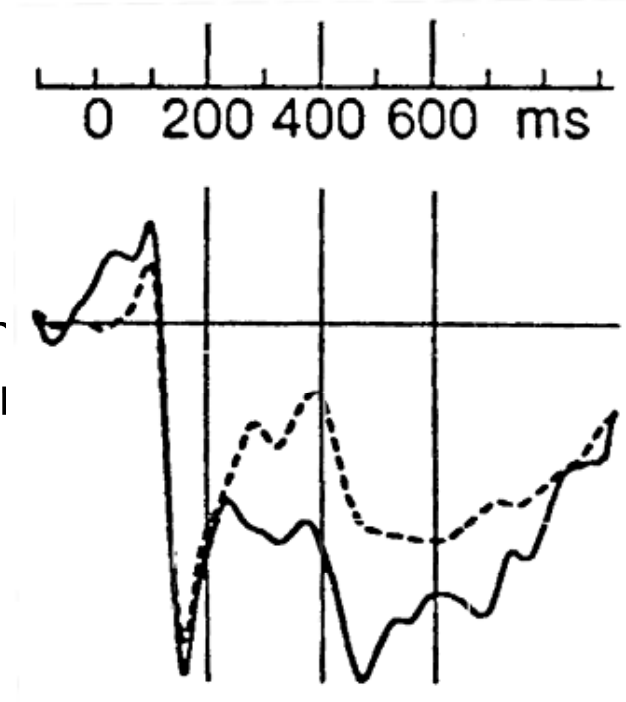




# Subsequent Memory Effect



Einprägungsphase



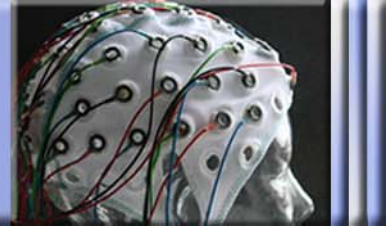
Kanr  
erkei  
man

er

- später erinnert
- - - später nicht erinnert

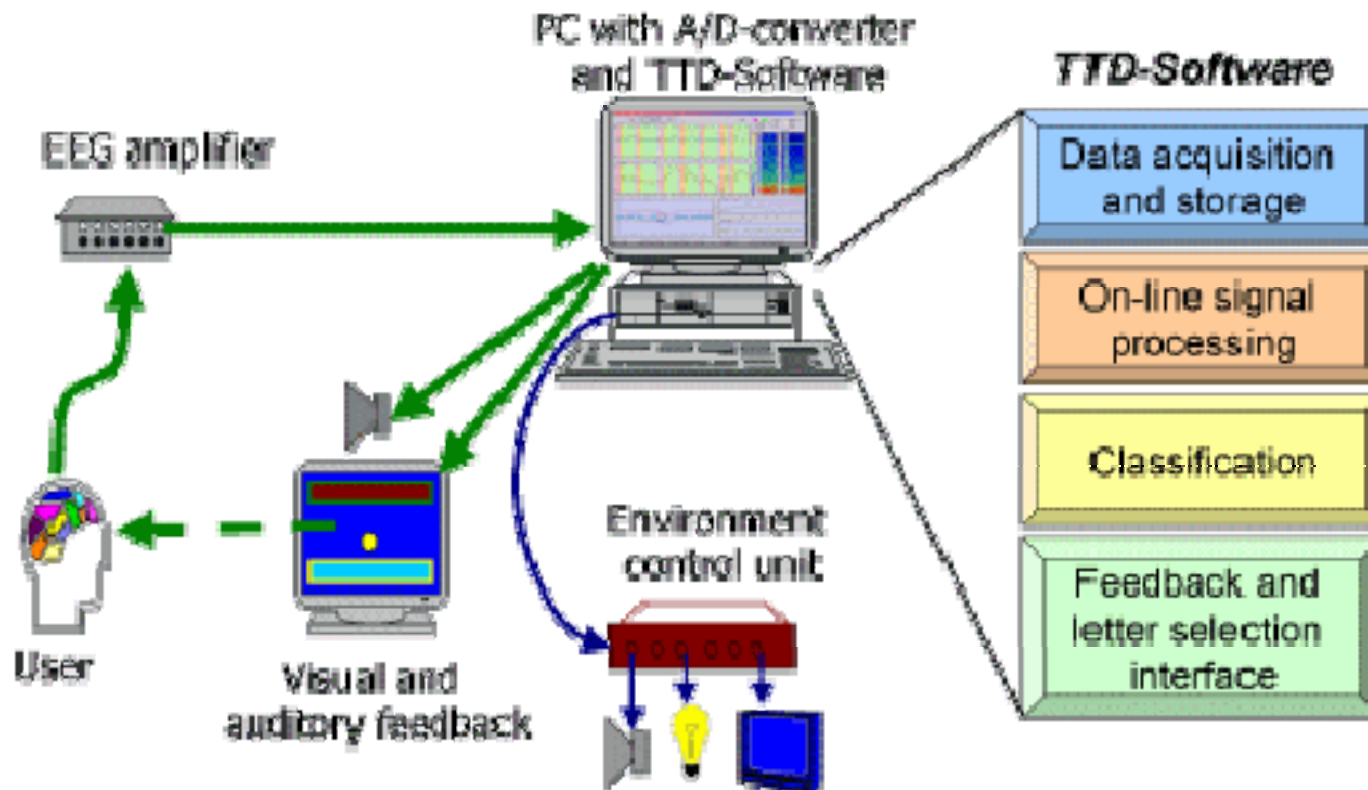
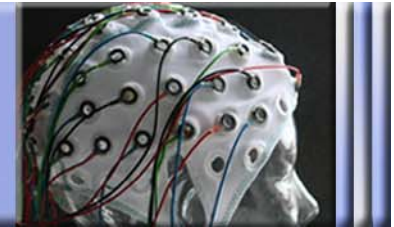


# Amyotrophe Lateralsklerose (ALS) und der Thought Translation Device



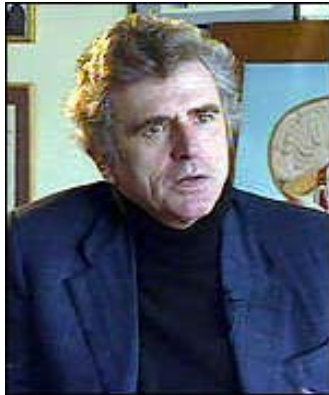
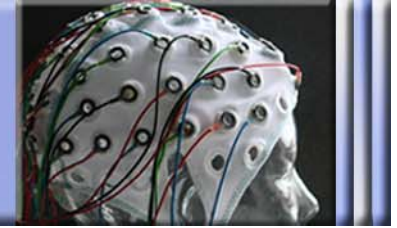


# Thought Translation Device

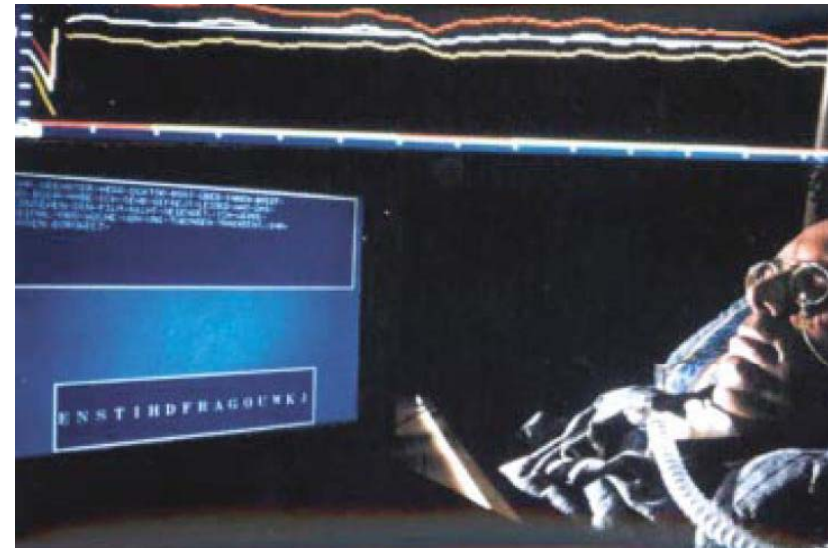




# Thought Translation Device

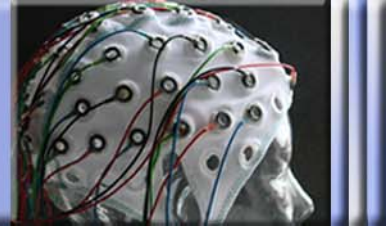


Niels Birbaumer





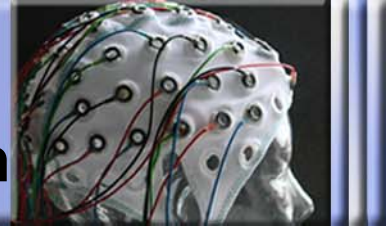
# Warum EEG/EKP ?



- Online-Maß
- kein offenes Verhalten notwendig
- hohe zeitliche Auflösung
- Teilaspekte der Informationsverarbeitung aufgrund qualitativ unterschiedlicher Hirnaktivierungen



# Hans Berger (1929): Über das Elektroenzephalogramm des Menschen



## Über das Elektroenzephalogramm des Menschen.

Von

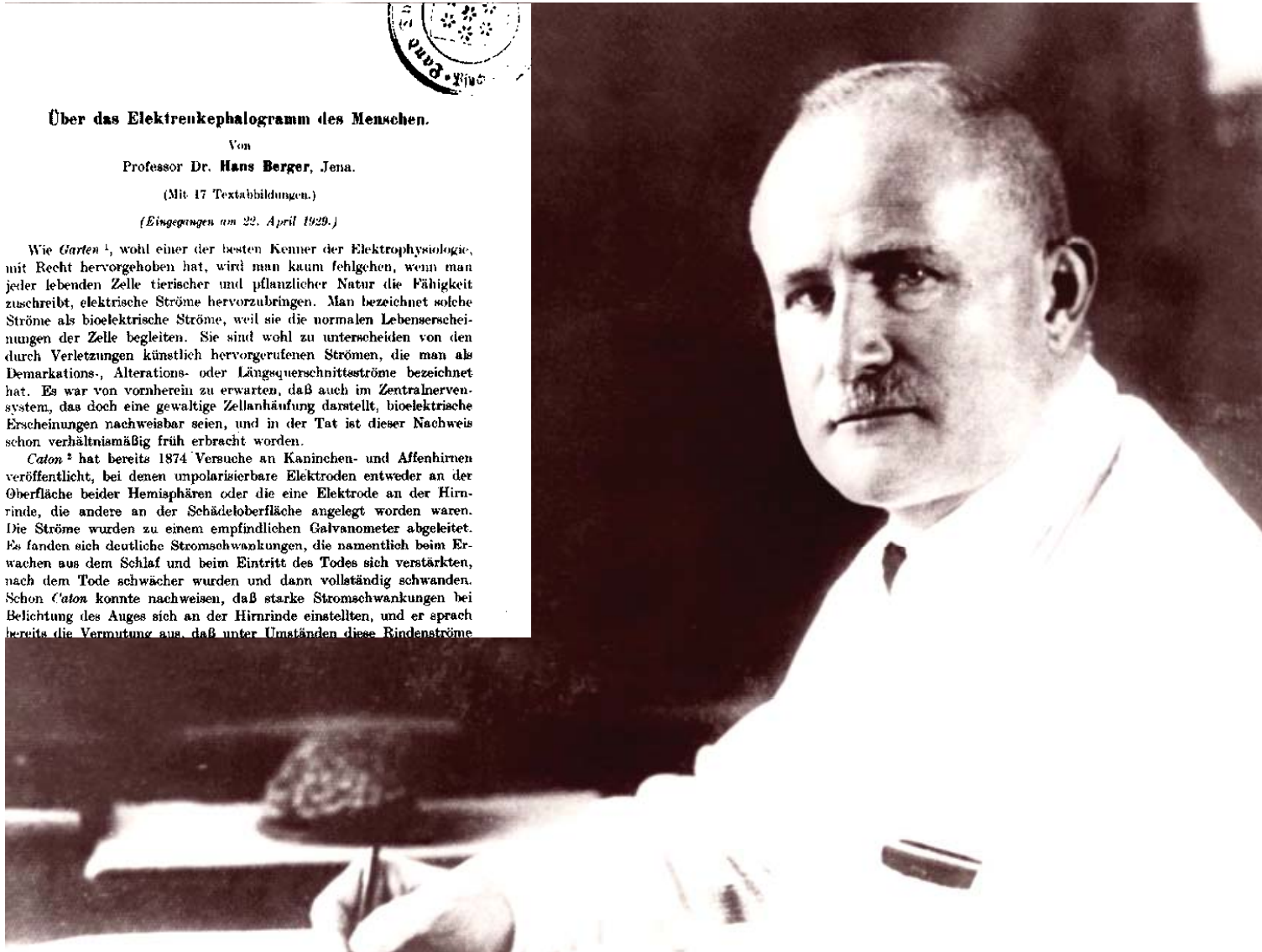
Professor Dr. **Hans Berger**, Jena.

(Mit 17 Textabbildungen.)

(Eingegangen am 22. April 1929.)

Wie *Garten*<sup>1</sup>, wohl einer der besten Kenner der Elektrophysiologie, mit Recht hervorgehoben hat, wird man kaum fehlgehen, wenn man jeder lebenden Zelle tierischer und pflanzlicher Natur die Fähigkeit zuschreibt, elektrische Ströme hervorzubringen. Man bezeichnet solche Ströme als bioelektrische Ströme, weil sie die normalen Lebenserscheinungen der Zelle begleiten. Sie sind wohl zu unterscheiden von den durch Verletzungen künstlich hervorgerufenen Strömen, die man als Demarkations-, Alterations- oder Längsquerschnittsströme bezeichnet hat. Es war von vornherein zu erwarten, daß auch im Zentralnervensystem, das doch eine gewaltige Zellanhäufung darstellt, bioelektrische Erscheinungen nachweisbar seien, und in der Tat ist dieser Nachweis schon verhältnismäßig früh erbracht worden.

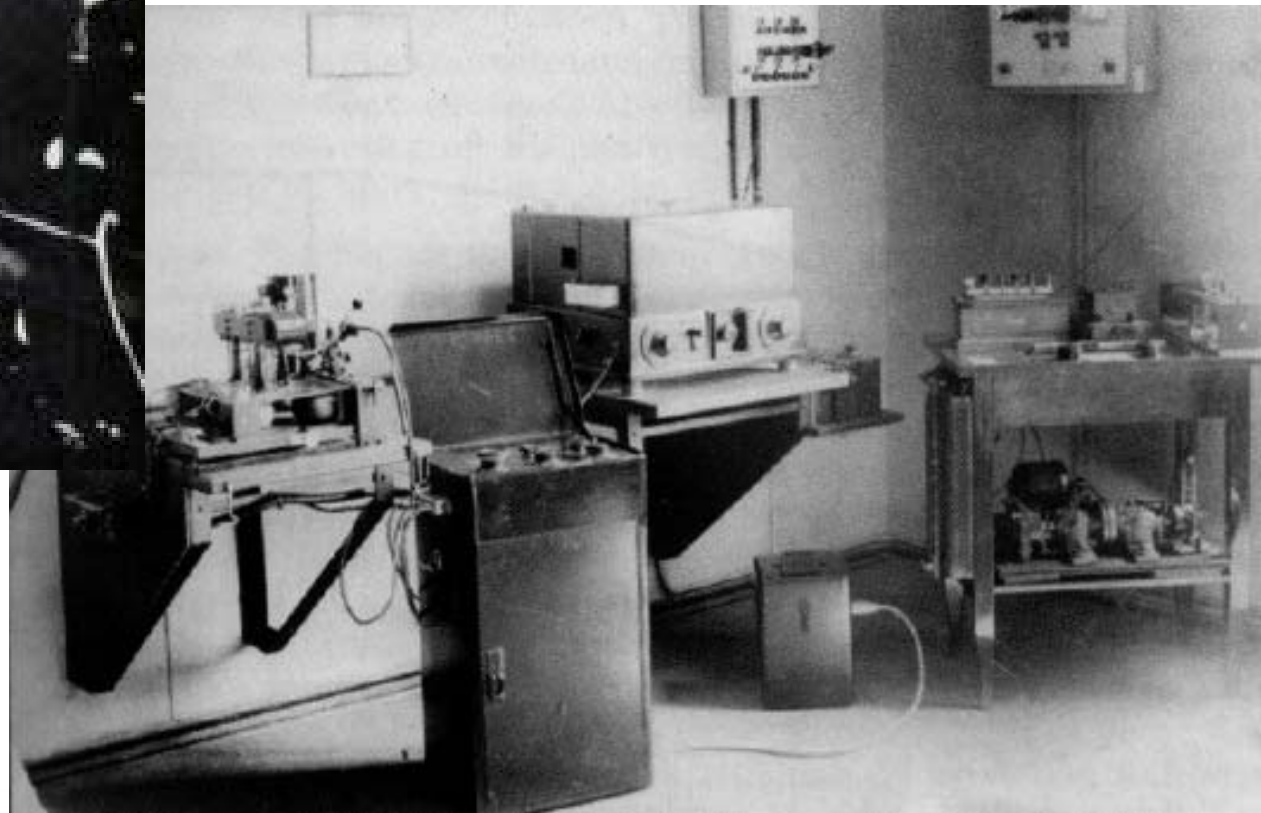
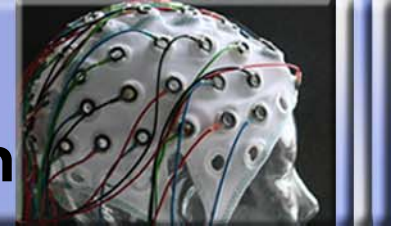
*Caton*<sup>2</sup> hat bereits 1874 Versuche an Kaninchen- und Affenhirnen veröffentlicht, bei denen unpolarisierbare Elektroden entweder an der Oberfläche beider Hemisphären oder die eine Elektrode an der Hirnrinde, die andere an der Schädeloberfläche angelegt worden waren. Die Ströme wurden zu einem empfindlichen Galvanometer abgeleitet. Es fanden sich deutliche Stromschwankungen, die namentlich beim Erwachen aus dem Schlaf und beim Eintritt des Todes sich verstärkten, nach dem Tode schwächer wurden und dann vollständig schwanden. Schon *Caton* konnte nachweisen, daß starke Stromschwankungen bei Belichtung des Auges sich an der Hirnrinde einstellen, und er sprach bereits die Vermutung aus, daß unter Umständen diese Rindenströme





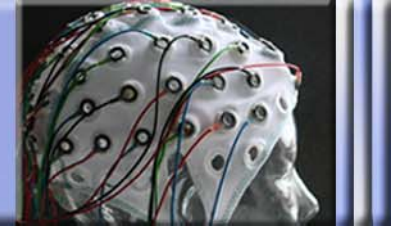


# Hans Berger (1929): Über das Elektroenzephalogramm des Menschen





# EEG-Aktivität

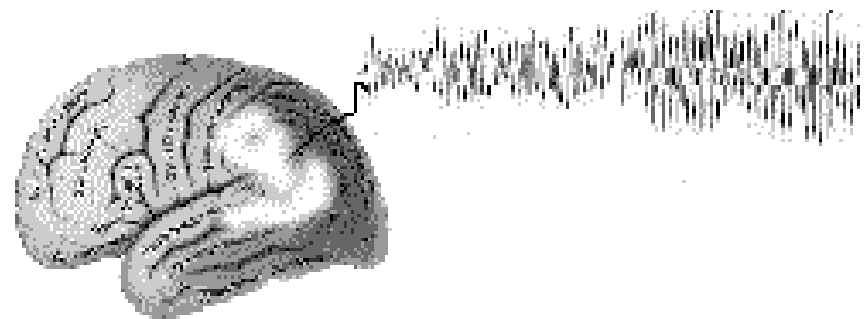


## Hans Berger (1924 / 1929):

- elektrische Potentiale auf der Kopfhaut messbar
- rhythmische Änderungen

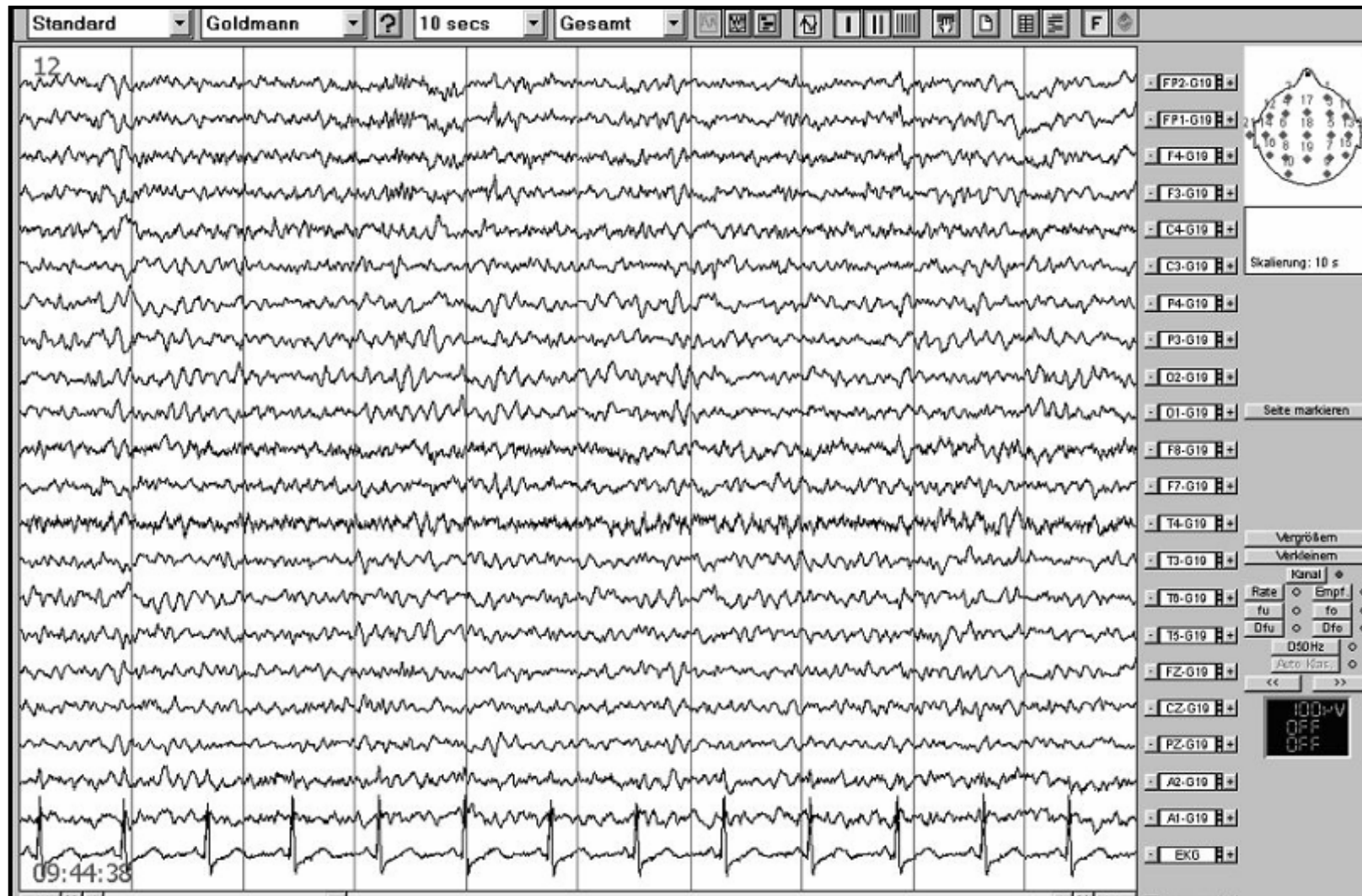
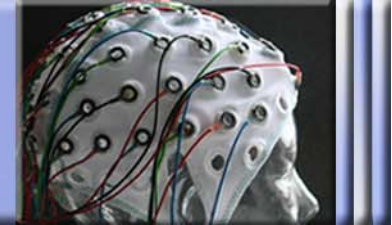
typische Größen:

- Spannungen: 1  $\mu\text{V}$  – 200  $\mu\text{V}$
- Frequenzen: 0.5 Hz – 100 Hz
- zeitliche Auflösung: 1 ms



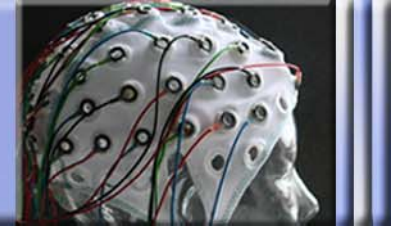


# EEG-Aktivität

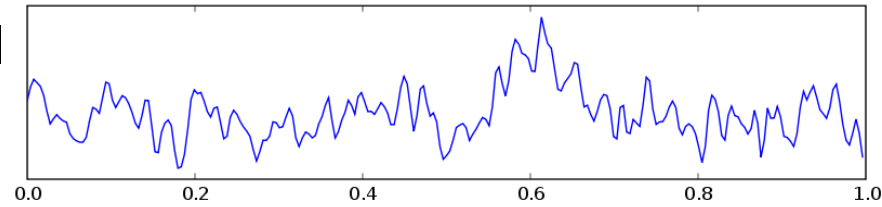




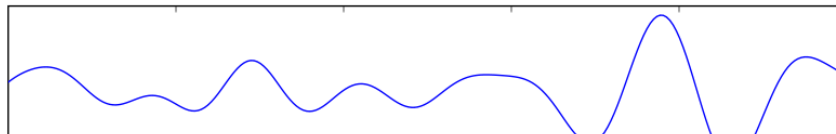
# EEG-Frequenzbänder



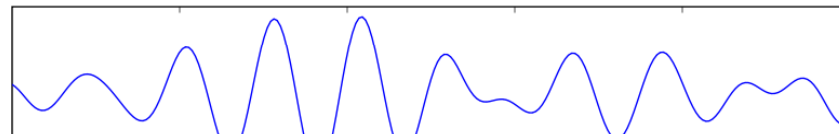
EEG-Signal  
(1 sek.)



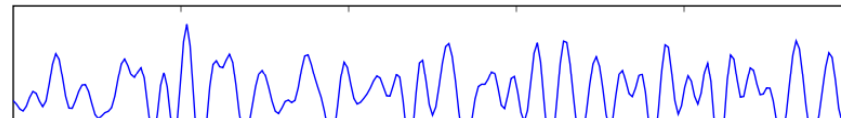
Delta-Wellen (0.5 – 4 Hz)



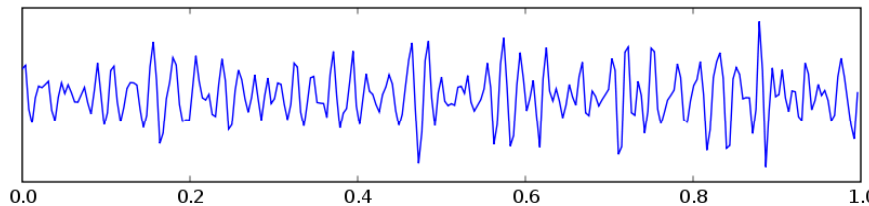
Theta-Wellen (5 – 7 Hz)



Alpha-Wellen (8 – 13 Hz)



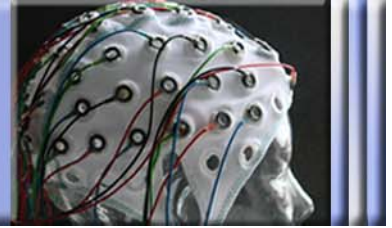
Beta-Wellen (14 – 30 Hz)



Gamma-Wellen  
(30 – 50 Hz)



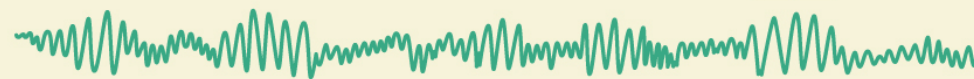
# Typische EEGs



aktiviert



entspannt



schlafend



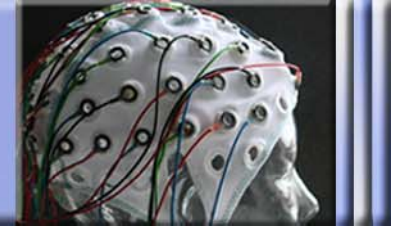
tief schlafend



1 Sekunde



# Typen der EEG-Aktivität



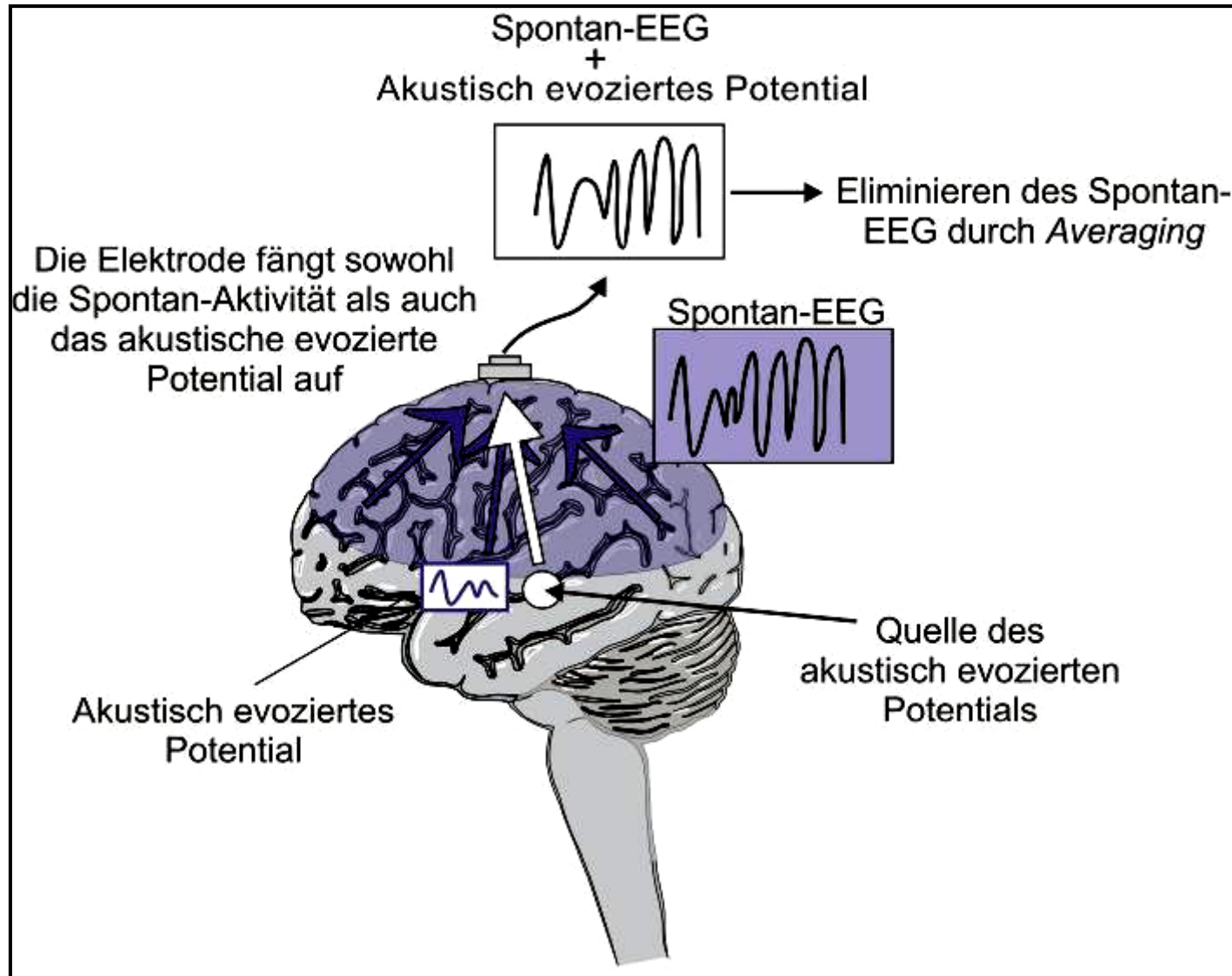
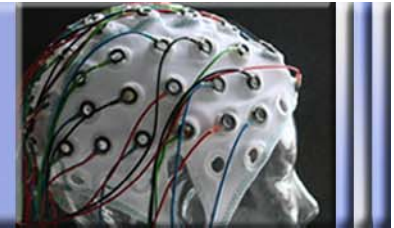
## Spontanaktivität

Evoziertes Potential: Reaktion auf einen sensorischen Stimulus (=EP)

Ereigniskorrelierte Aktivität: Potentialverschiebungen des EEG, die wiederholbar und mit gleicher zeitlicher Charakteristik exakt definierten Ereignissen vorangehen oder nachfolgen (=Ereigniskorreliertes Potential = EKP)

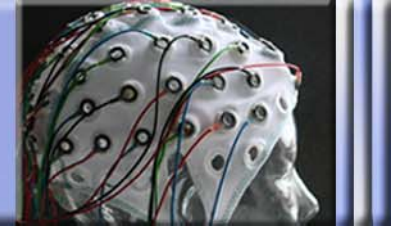


# Messung = Signal (EKP) + Störsignal





# Signalextraktion



## Grundproblem

- spontan EEG (Rauschen) um den Faktor 5-20 größer als EKPs (Signal)
- ⇒ Komponenten werden von restlicher Gehirnaktivität überlagert
  - ⇒ Das EKP muss irgendwie sichtbar gemacht werden.

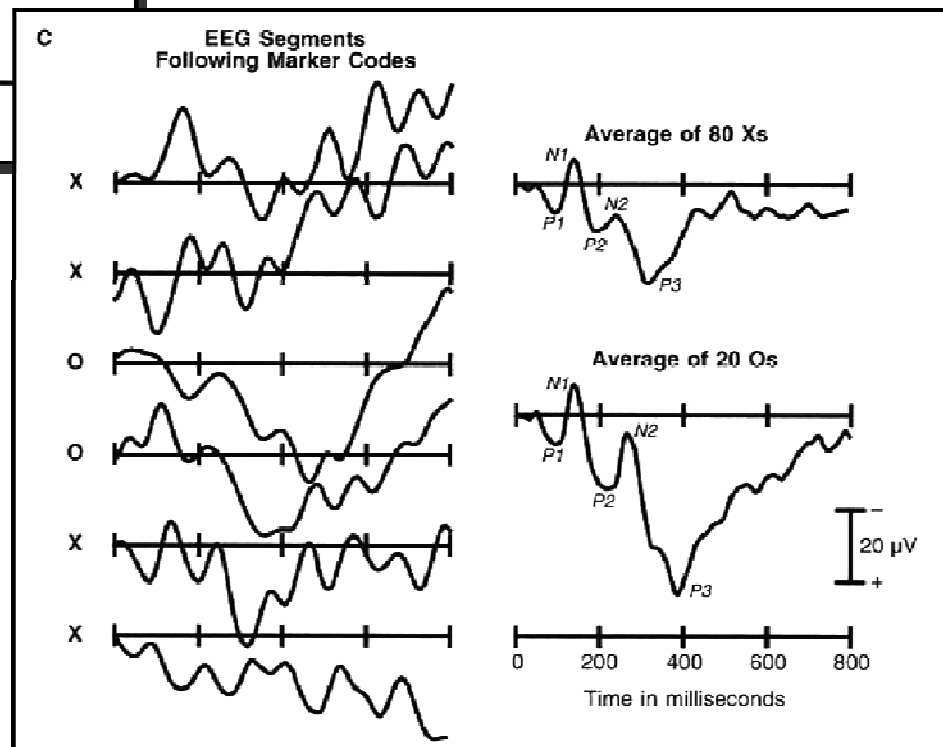
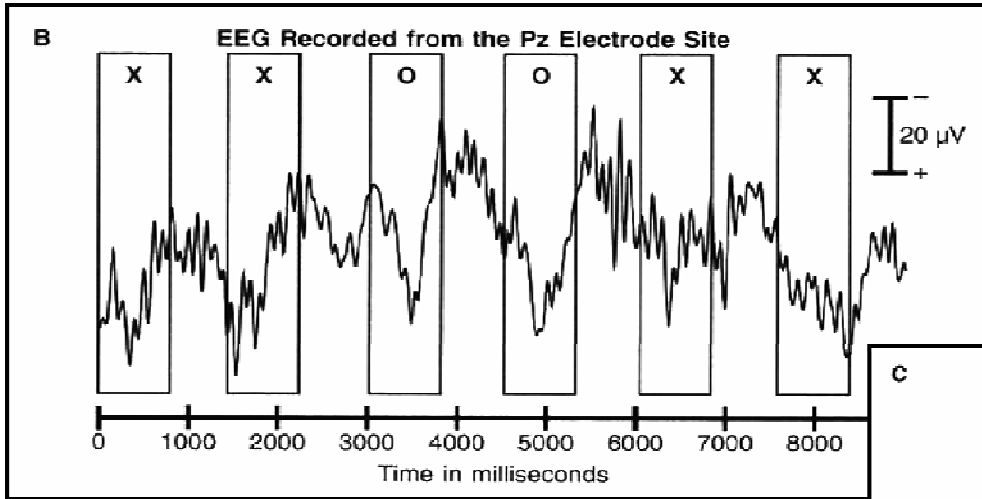
## Idee: Reaktion-Reiz Signal ist zeitgebunden

- ⇒ elektrokortikale Reaktion auf einen Reiz läuft immer gleich ab (Latenz und Amplitude konstant)
- ⇒ das Rauschen (Hintergrundaktivität) verläuft zufällig
- ⇒ Mittelungsverfahren (averaging) zur Rauschunterdrückung
  - EKPs addieren sich → Amplituden werden deutlicher
  - dagegen verringert sich das Rauschen (tendiert gegen Null)



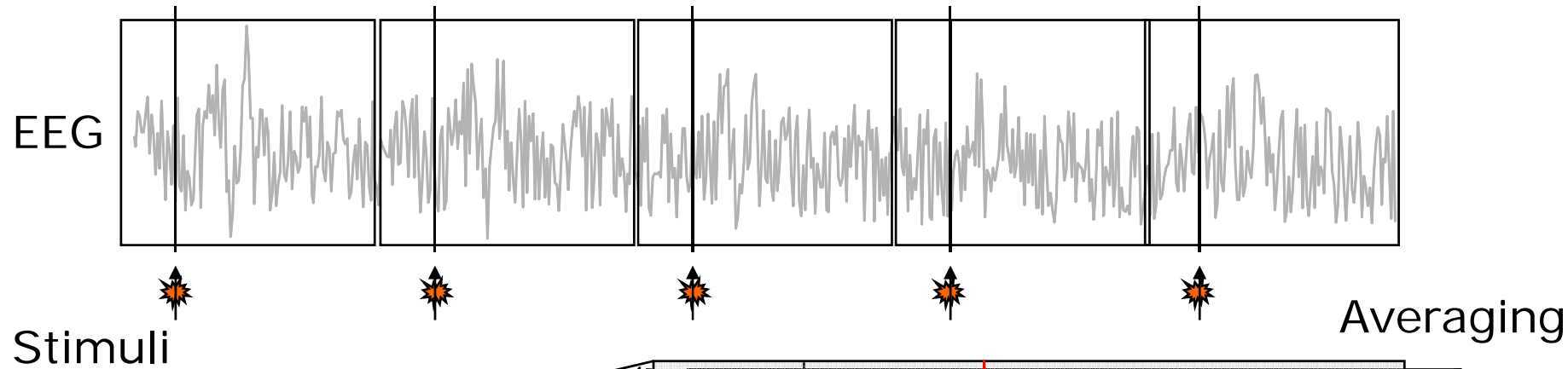
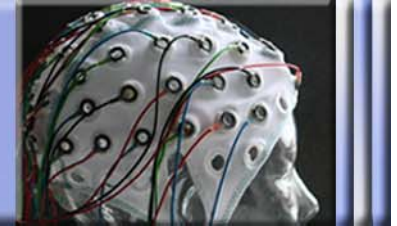


# Signalextraktion

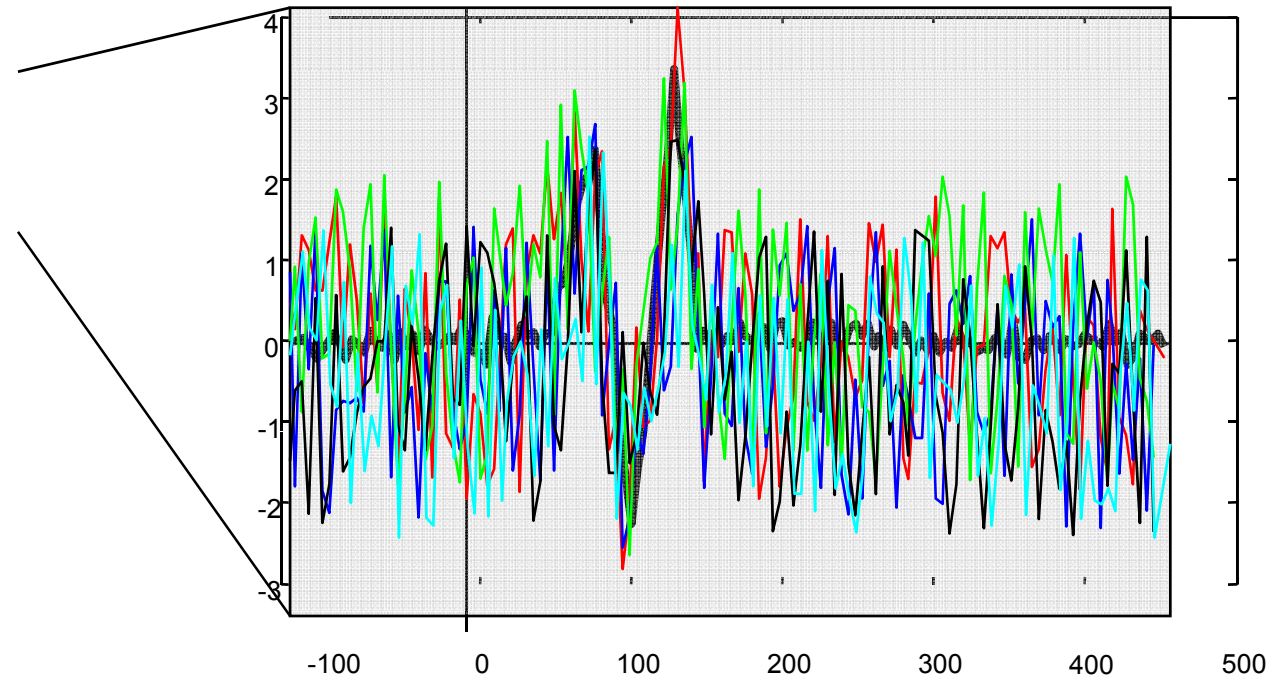




# Signalextraktion

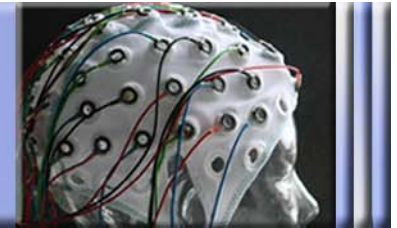


Segmentation





# Signal-Rausch-Verhältnis



- Größere Anzahl an Durchgängen → besseres Signal/Rausch-Verhältnis
- Aber: Verbesserung des Verhältnisses nur um den Faktor  $\sqrt{N}$

## Beispiel

Messung einer P300 mit Amplitude  $20 \mu\text{V}$

gleichzeitiges Rauschen mit Amplitude  $50 \mu\text{V}$

→ Signal/Rausch-Verhältnis  $2 : 5 = 0.4$

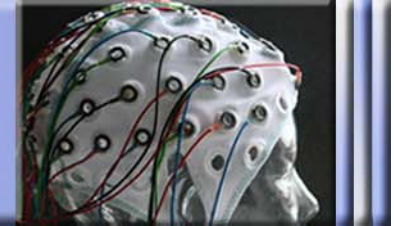
Um Verhältnis zu verdoppeln:      4 weitere Durchgänge       $(0.4 \times \sqrt{4}) = 0.8$   
4 : 5

4-mal besseres Verhältnis:      16 weitere Durchgänge       $(0.4 \times \sqrt{16}) = 1.6$   
8 : 5

→ Sinnvoller: Signal vorher von Rauschen befreien als immer mehr Durchgänge durchzuführen



# Identifikation von EKP-Komponenten

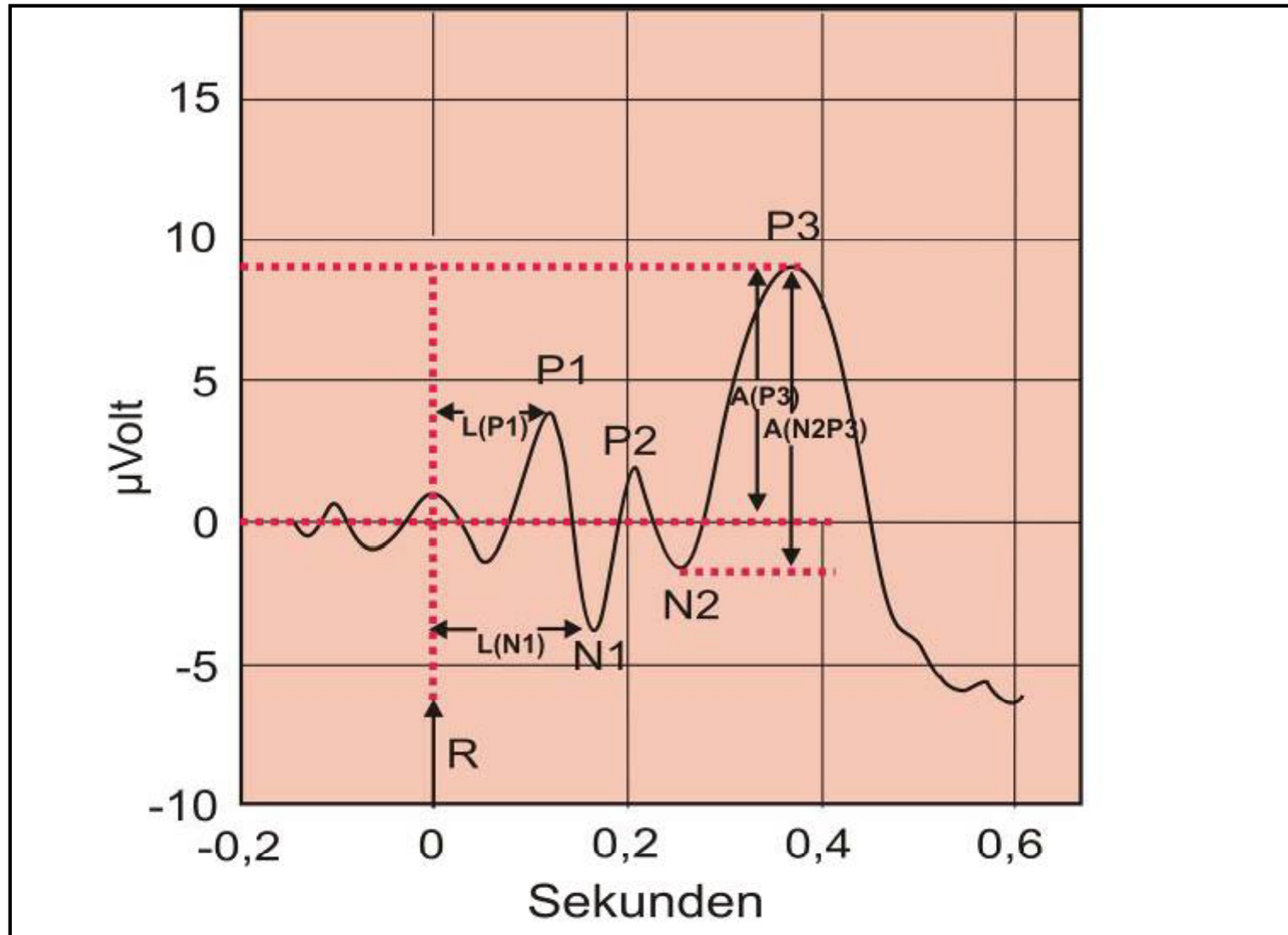
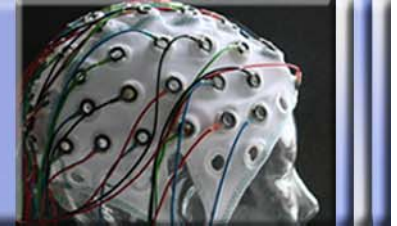


EKP = Abfolge positiver und negativer Auslenkungen

- keine allgemein akzeptierte Definition
- Grundrichtungen:
  - (1) physiologisch: EKP-Komponente bestimmt durch ihre anatomische Quelle
  - (2) funktional: EKP-Komponente bestimmt durch den assoziierten kognitiven Prozess
- **EKP-Effekt = Differenz** der EKP-Komponente zweier Bedingungen

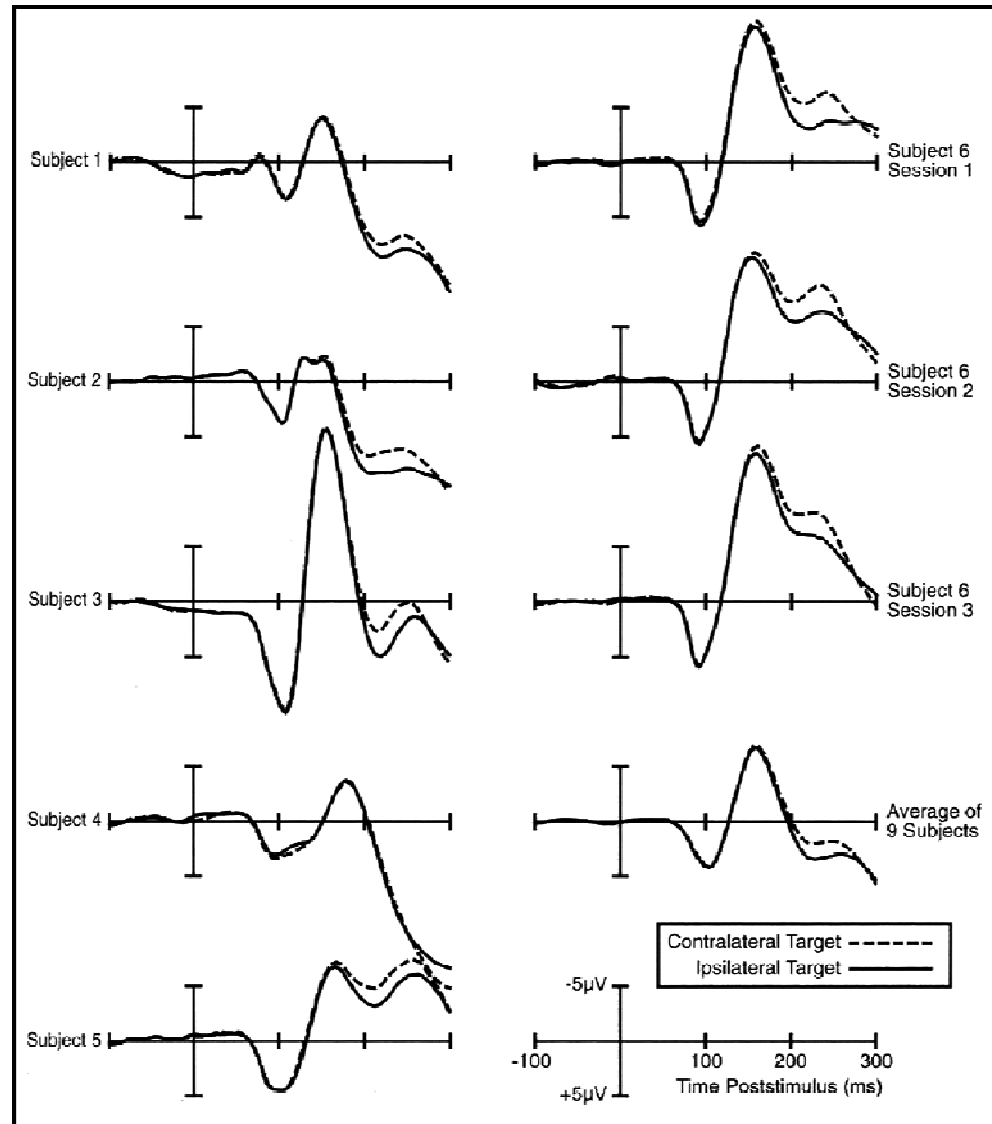


# EKP-Komponenten



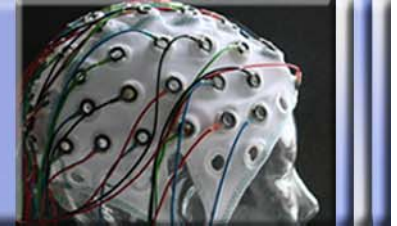


# Reliabilität





## Wozu EKP-Komponenten?

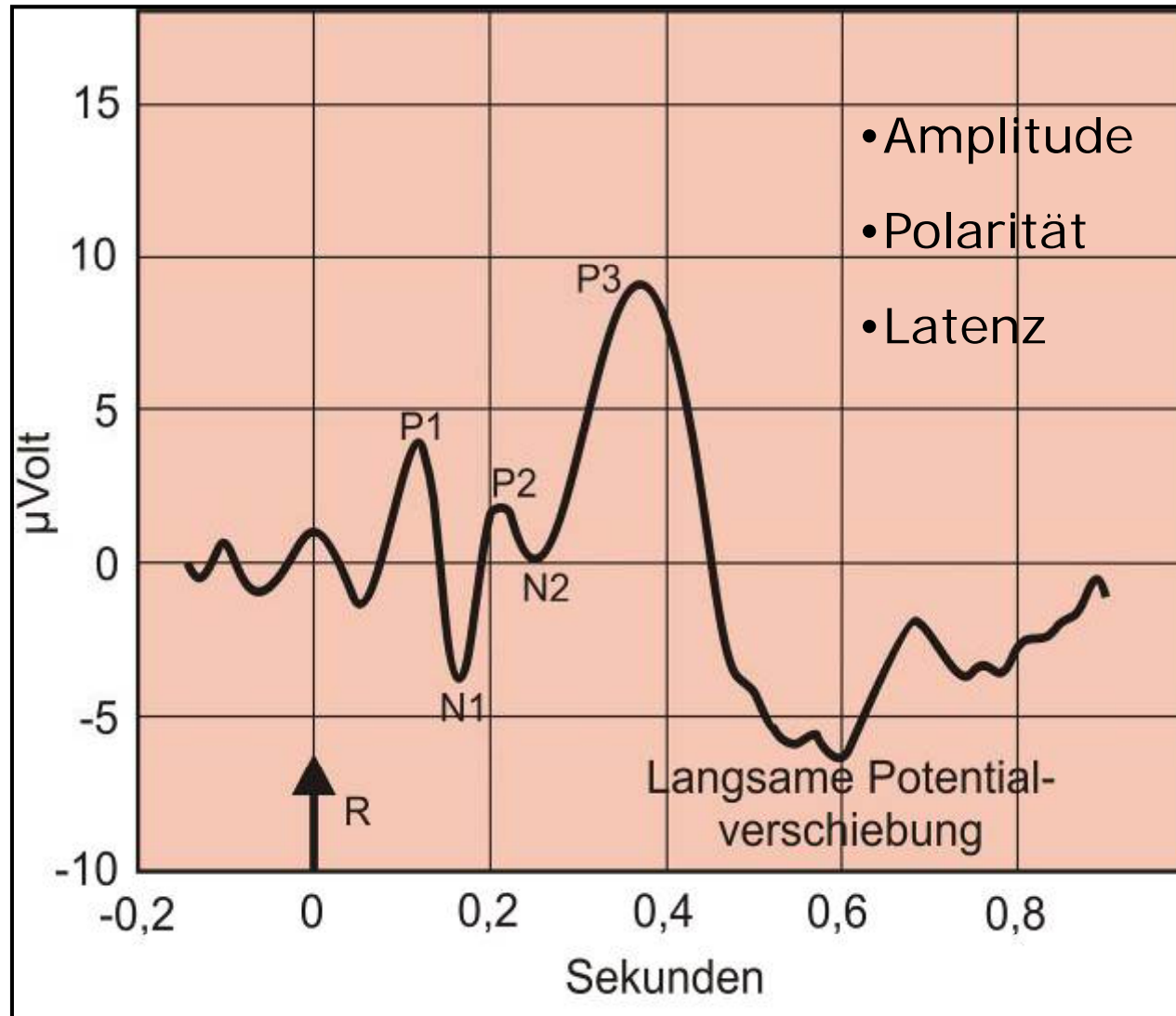
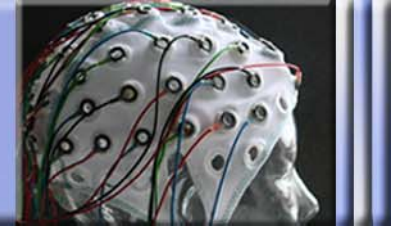


ermöglichen vereinheitlichten Sprachgebrauch über einzelne Experimente, Paradigmen und wissenschaftliche Felder hinweg

- bilden Basis zur Integration von EKP-Daten mit anderen Maßen der Gehirn-Aktivität
- können als Marker für bestimmte kognitive Prozesse dienen



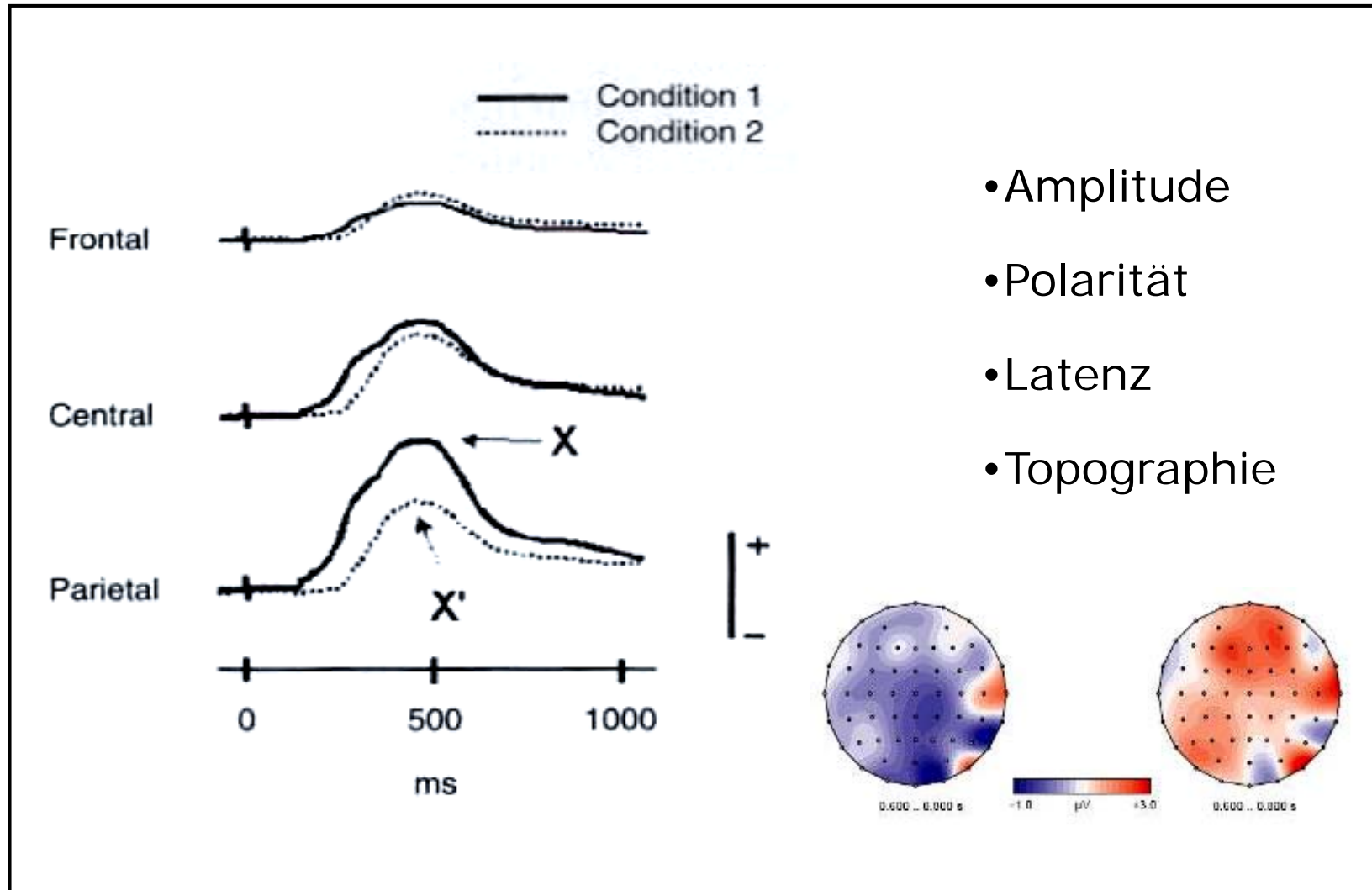
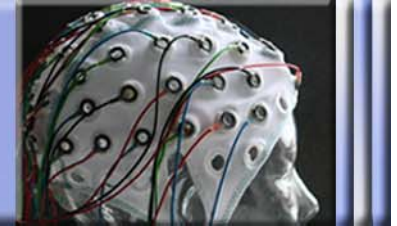
# Wie lese ich ein EKP?





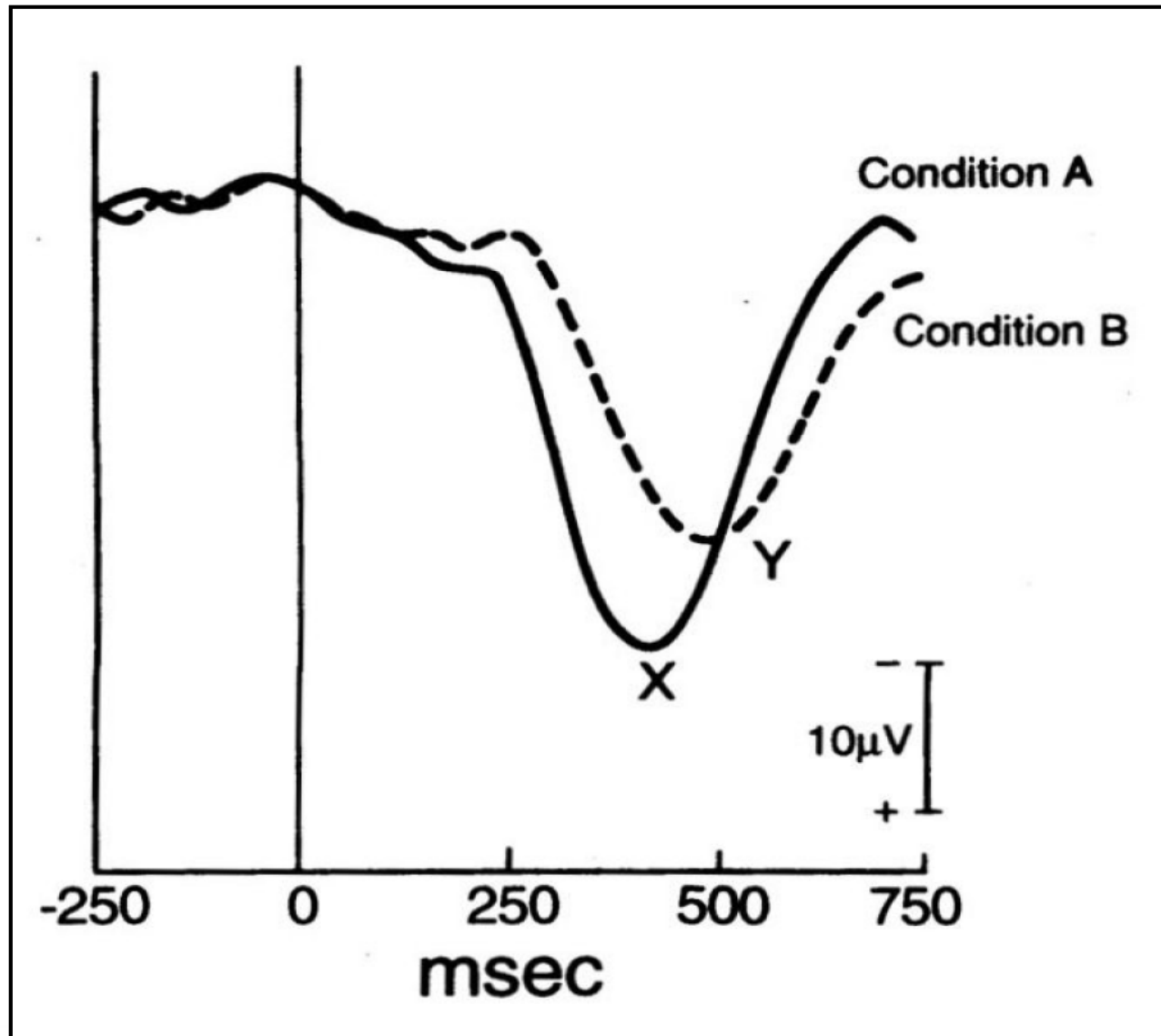
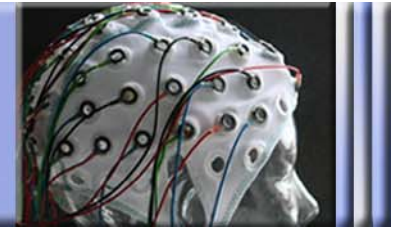


# Wie lese ich ein EKP?



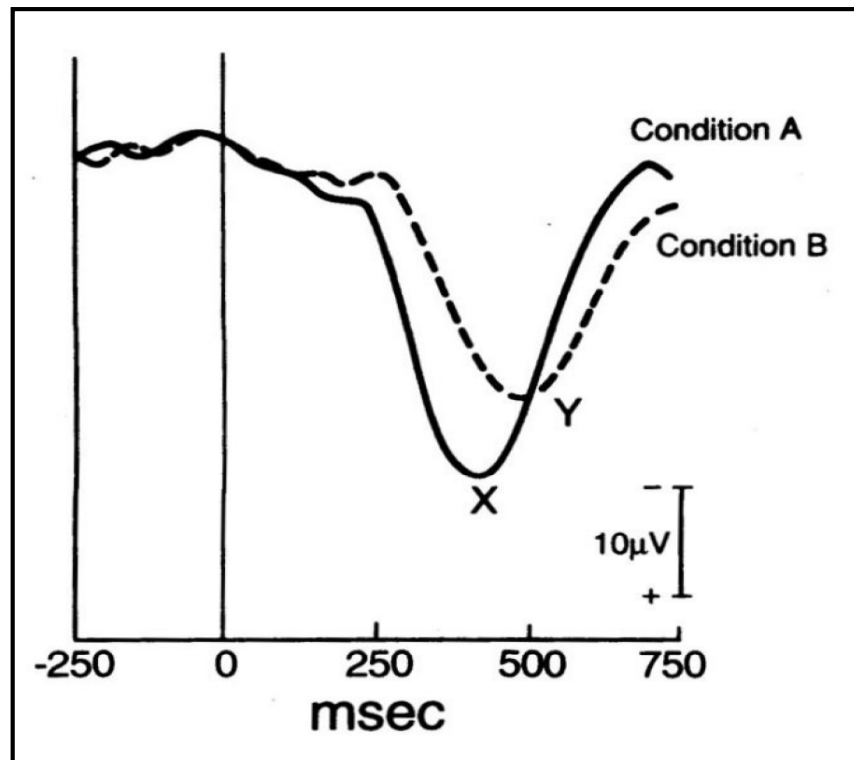
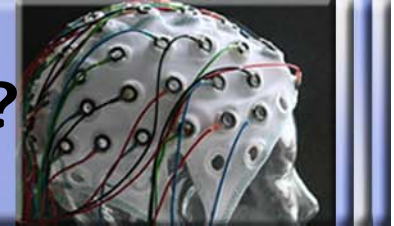


# Was lässt sich aus EKPs folgern?





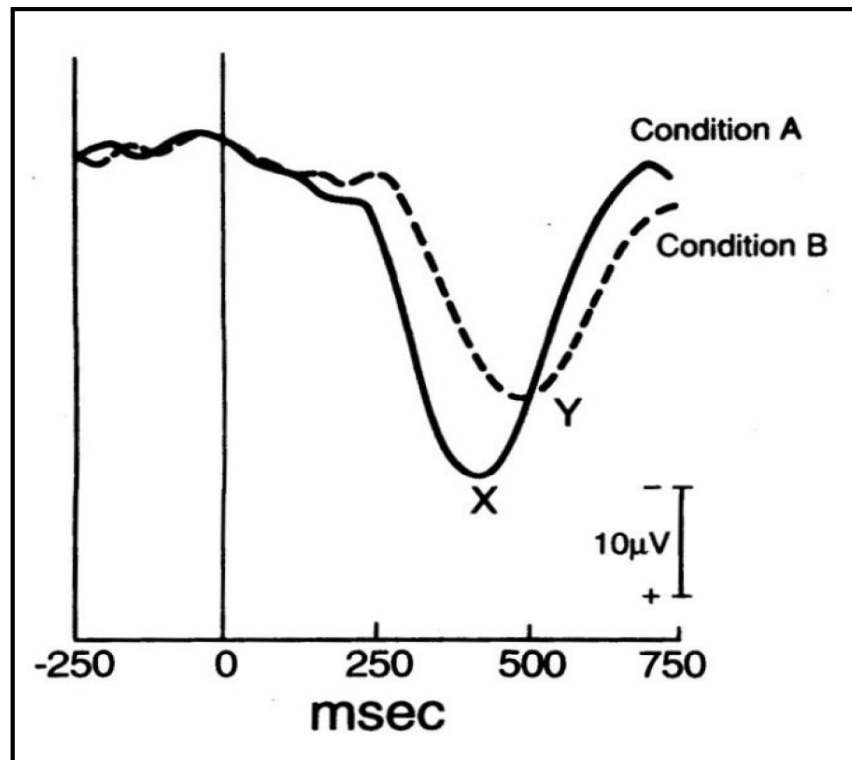
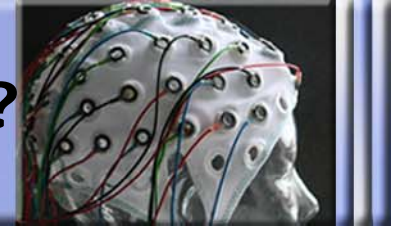
# Was lässt sich aus EKPs folgern?



- Bedingung A und Bedingung B haben unterschiedliche Auswirkungen.



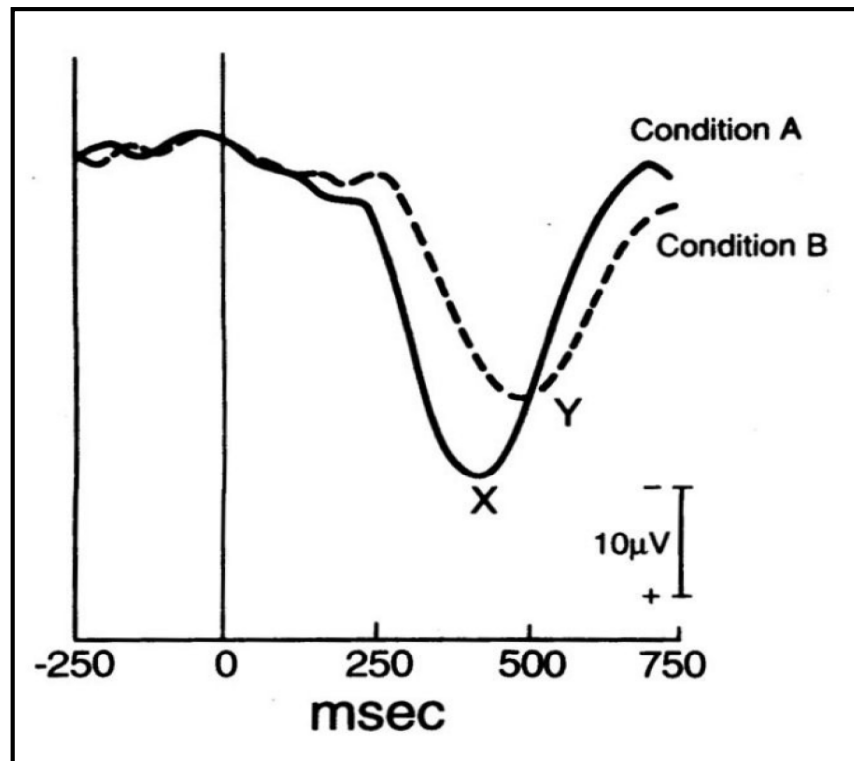
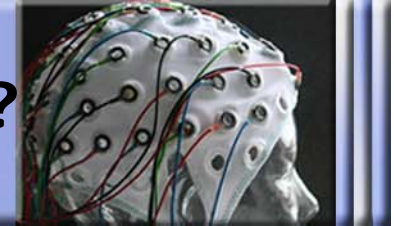
# Was lässt sich aus EKPs folgern?



- verschiedene Amplituden
- Annahme: zeigen unterschiedlich starke Aktivierung eines Prozesses an



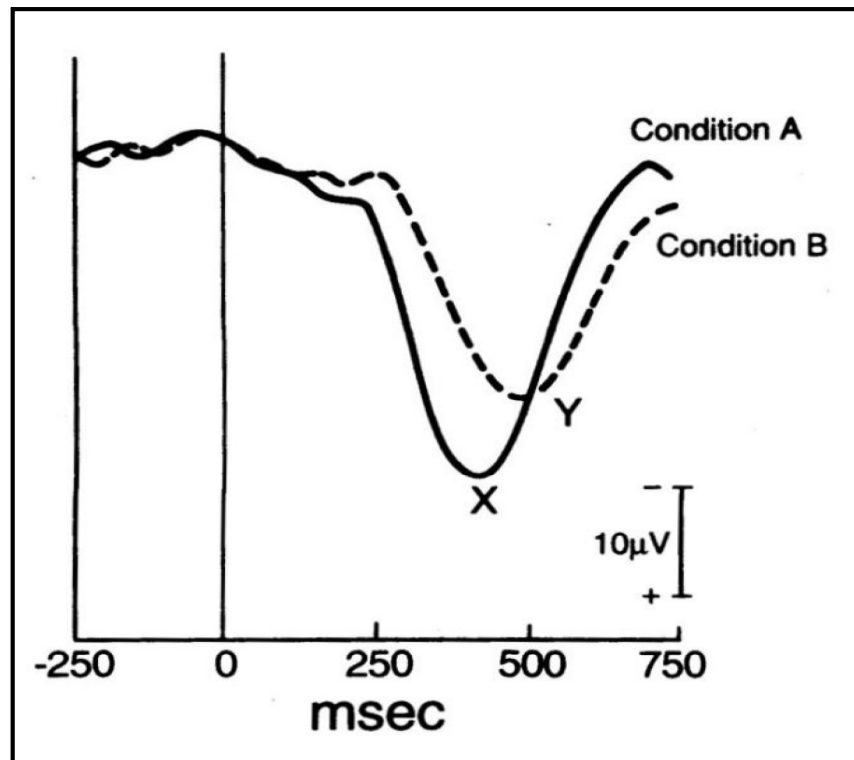
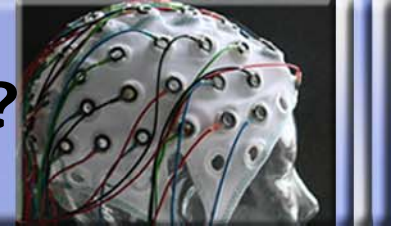
# Was lässt sich aus EKPs folgern?



- unterschiedliche Latenz bis zu positiven Maximalwerten X, Y
- bei bekannter Bedeutung der Peaks weitere Interpretation möglich



# Was lässt sich aus EKPs folgern?



- verschiedene Onset-Latenzen, d.h. Kurven unterscheiden sich ca. 150 ms nach Reiz-Onset
- Bestimmung mit statistischem Test
- Zeitwert ist eine obere Schranke



# EKP-Komponenten Exogene Komponenten

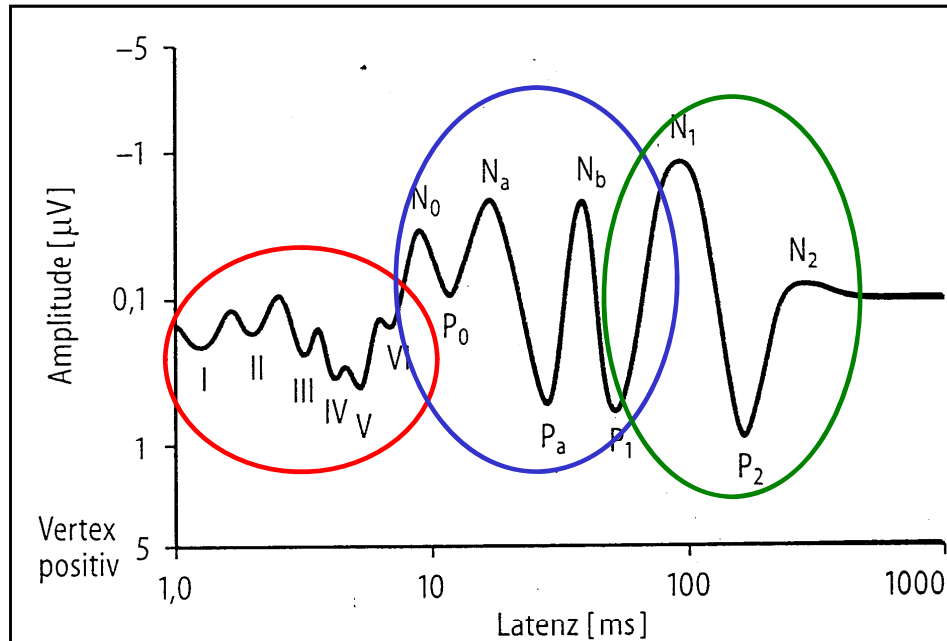
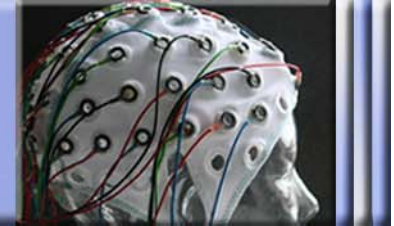


Abb. 21-15. Schematische Darstellung eines akustisch evozierten Potentials (AEP) (logarithmischer Maßstab der Zeitachse). Die Gipfel (Peaks) I-VI werden zwischen akustischem Nerv und lateralem Kniekörper (Corpus geniculatum laterale) generiert, also relativ weit entfernt von dem Ableitungsort und der Schädeloberfläche. Diese Gipfel werden daher auch „far field potentials“ genannt. Gipfel VI tritt in der Vertexableitung nicht hervor. Die mit N (negativ) und P (positiv) bezeichneten Gipfel repräsentieren wahrscheinlich Aktivität aus Thalamuskernen, dem akustischen Kortex und Assoziationsarealen. (Aus [9] nach Picton et al. (1974) J. Electroenc. Clin. Neurophysiol. 36, 179-190)

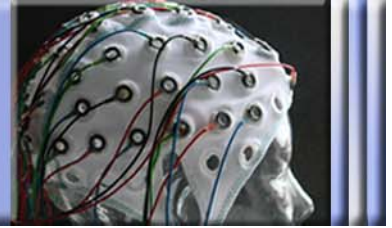
Hirnstamm

Thalamuskern

primärer Kortex



## Die N100

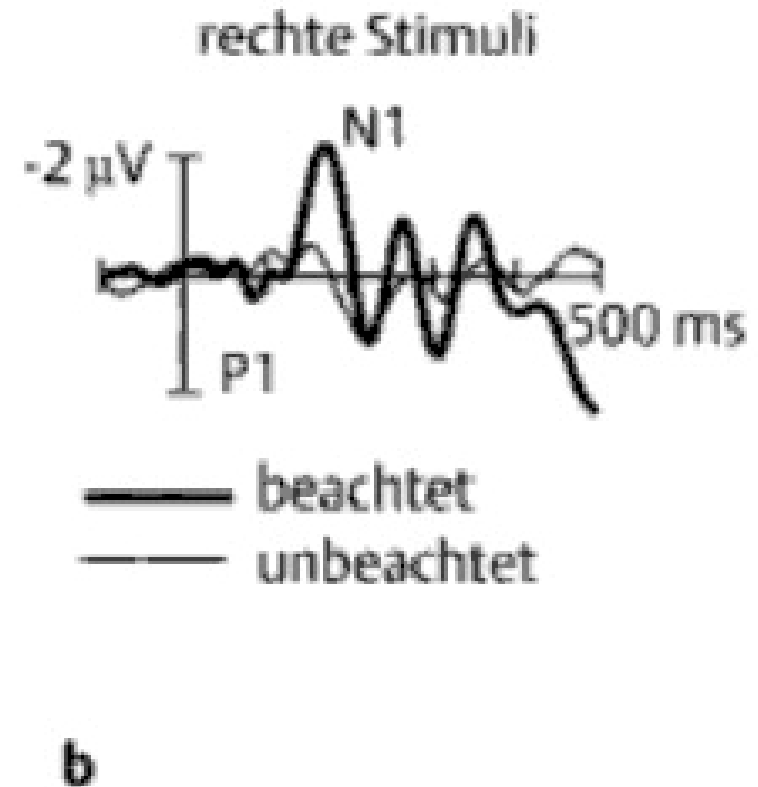
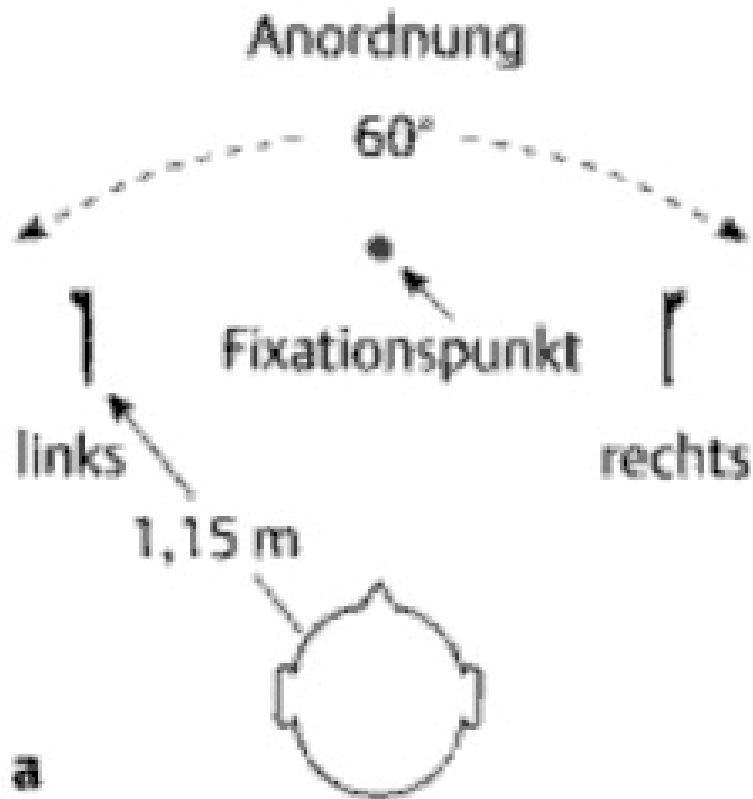
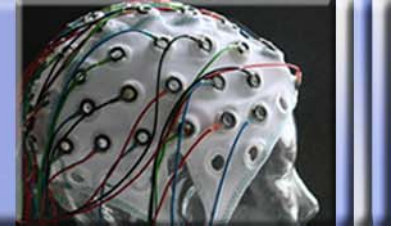


- exogene Komponente (modulierbar durch Reizmerkmale), die Eigenschaften von endogenen Komponenten aufweist
- erste Verarbeitung auf kortikaler Ebene
- auch als N1 bezeichnet



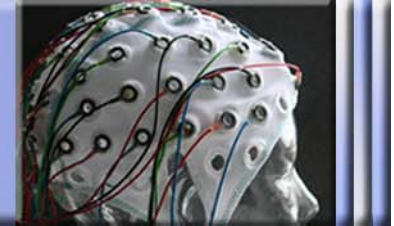


# Visuelle N1 und Aufmerksamkeit

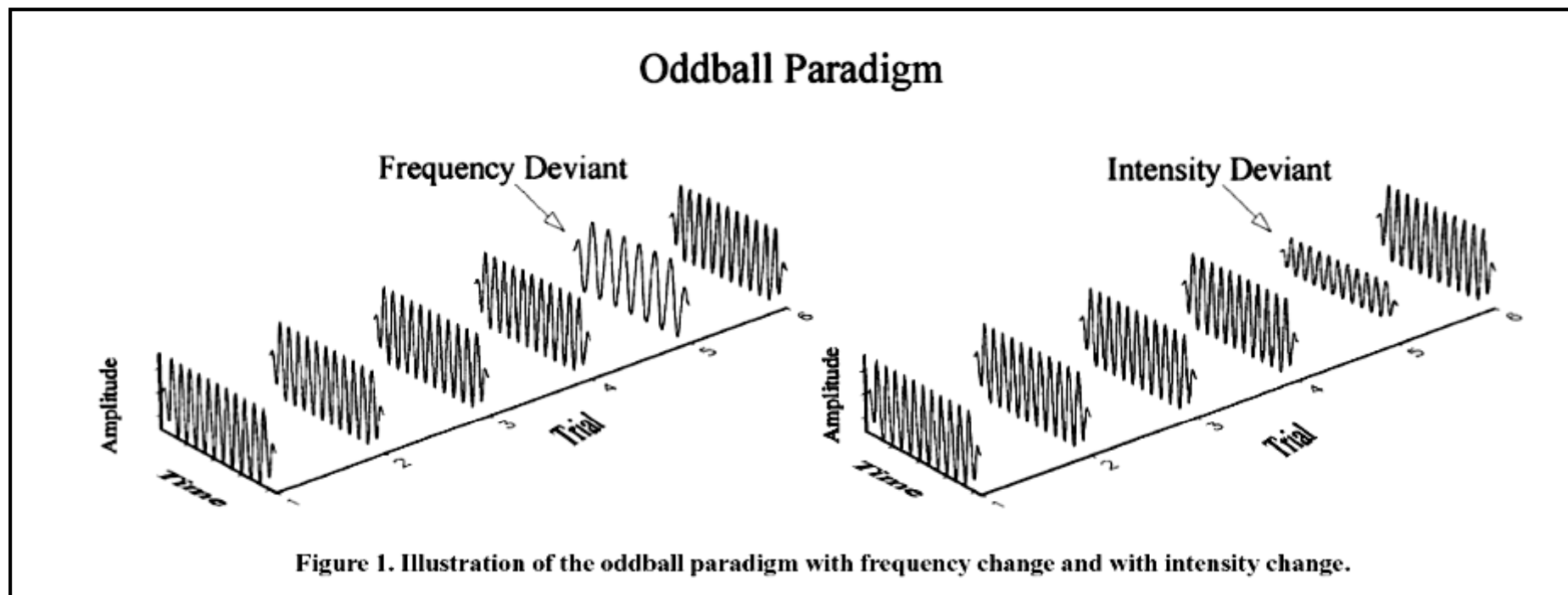




# Die **MisMatch-Negativity** (MMN)

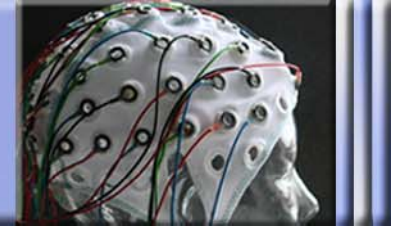


Negativierung auf seltene, kleine Abweichungen von Reizmerkmalen (deviants) vom repetitiven Reizumfeld (standard) nach etwa 150 - 200 ms

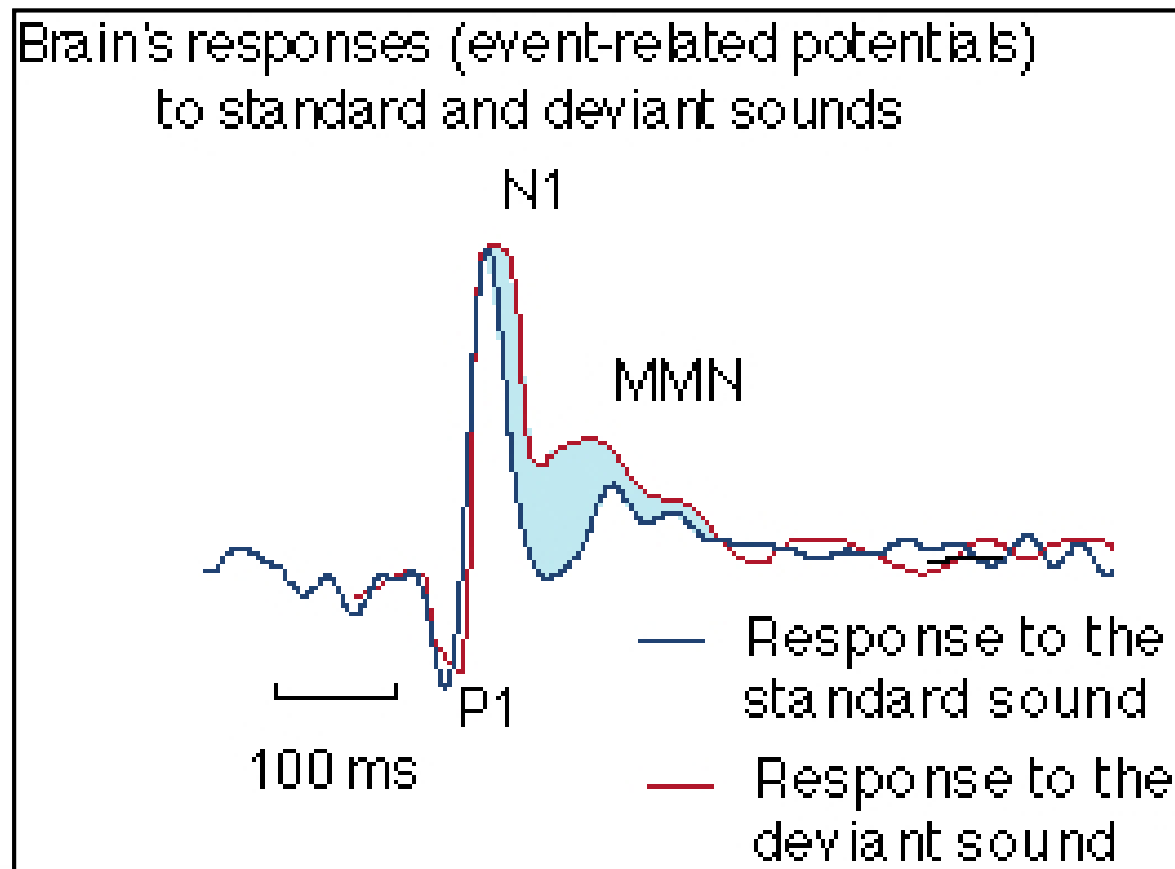




# Die MMN

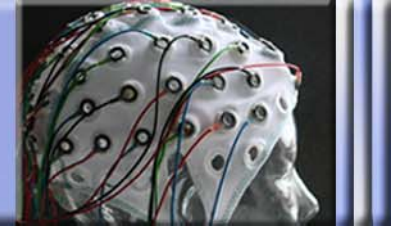


als Differenz der EKP zwischen **deviant**  
und **standard** gemessen





## Vorteile der MMN



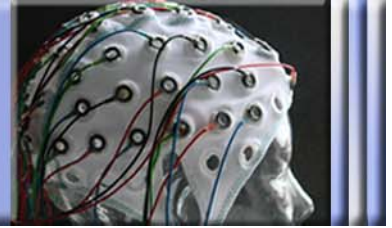
- automatisch auslösbar (also auch bei Koma-Patienten)
- guter Indikator für funktionalen Zustand des Neocortex

### Interpretation der MMN:

- stellt einen Vergleichsprozess zwischen einer Gedächtnisspur und einem gerade präsentierten Stimulus dar



# MMN bei Koma-Patienten



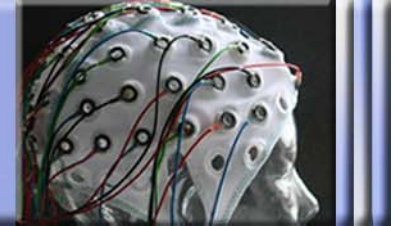
Fischer et al. (2004)

N=346 **komatöse Patienten** (Alter: 8-93)

- 125 durch Schlaganfälle
- 96 durch Schädel-Hirn-Trauma
- 64 durch Anoxie
- 54 durch neurochirurgische Komplikationen
- 7 durch Enzephalitis

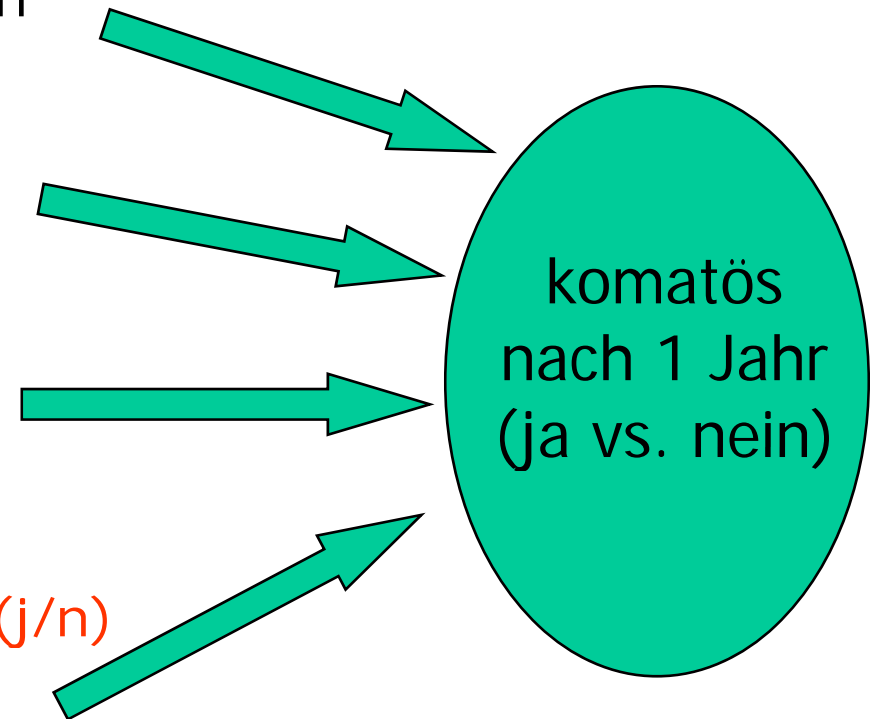


# Statistische Auswertung: logistische Regression



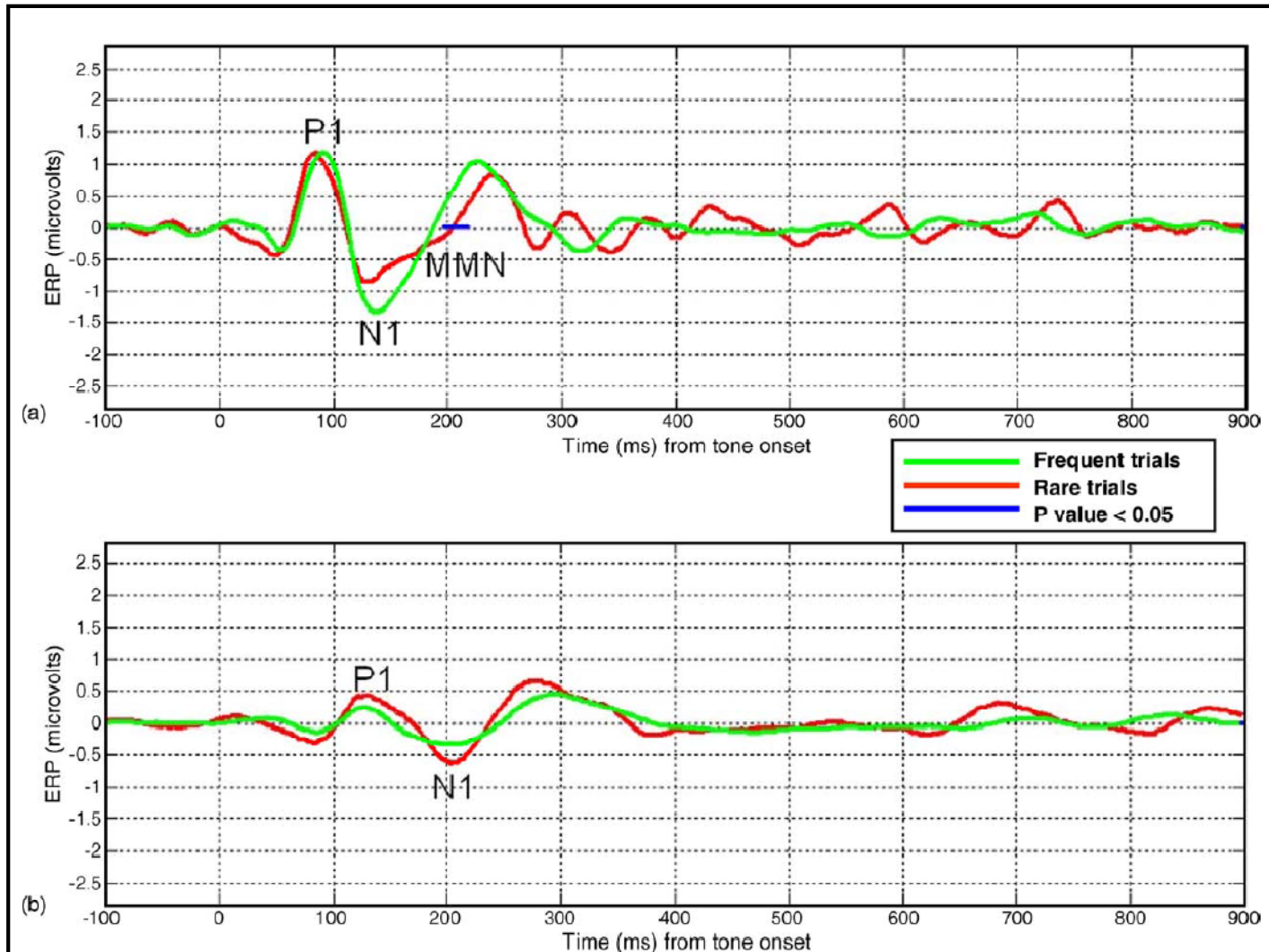
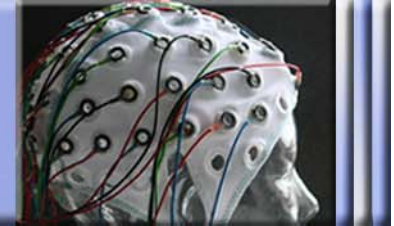
10 verschiedene Prädiktorvariablen

- Alter
- Ätiologie
- Pupillenreflex (j/n)
- neurol. Störung (j/n)
- neurochirurg. Eingriff (j/n)
- **Hirnstammpotentiale**
- **Potentiale mit mittlerer Latenz (j/n)**
- **N100 (j/n)**
- **MMN (j/n)**



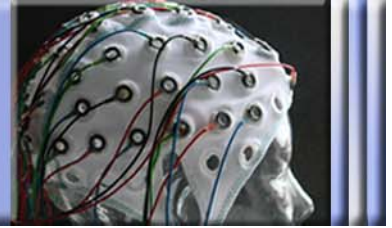


# Beispiel: MMN vorhanden vs. nicht vorhanden





# Resultate



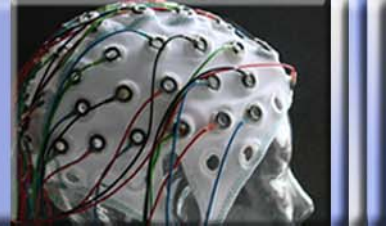
Odds ratios (je größer, desto bessere Chancen zum Aufwachen bei Vorhandensein des Prädiktors):

- bester Prädiktor: Pupillenreflex (7.70)
- 2. bester Prädiktor: **MMN** (4.70)
- 3. bester Prädiktor: **N100** (4.15)
- 4. bester Prädiktor: **mittlere AEPs** (3.58)
- ...
- ... Hirnstammpot. (1.20)





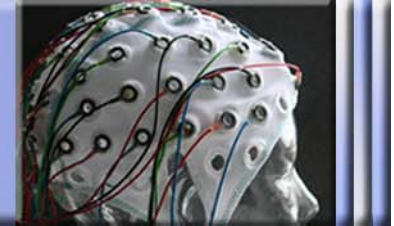
# Die P300



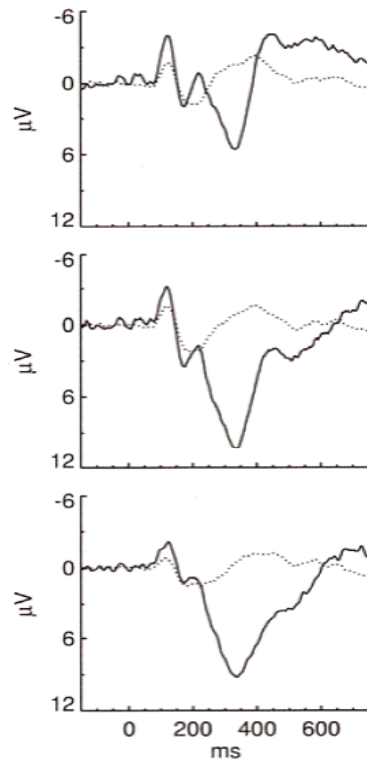
- P300 / P3b
  - Positive Amplitude mit Latenzzeit 300-600 ms
  - Topographie: zentro-parietal
  - als Reaktion auf *seltene* Stimuli
  
- Novelty P3 / P3a
  - Positive Amplitude mit Latenzzeit 250-500 ms
  - Topographie: fronto-zentral
  - als Reaktion auf *neue* Stimuli



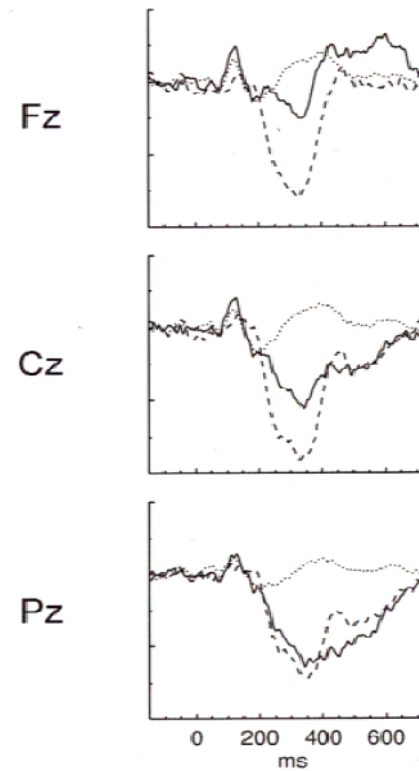
# Die P300



## Classic Oddball



## Novelty Oddball



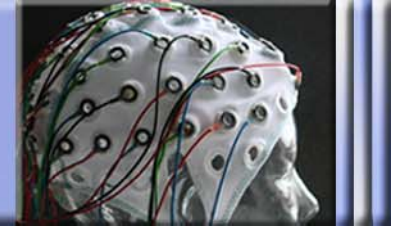
— Rares

..... Frequents

---- Novels



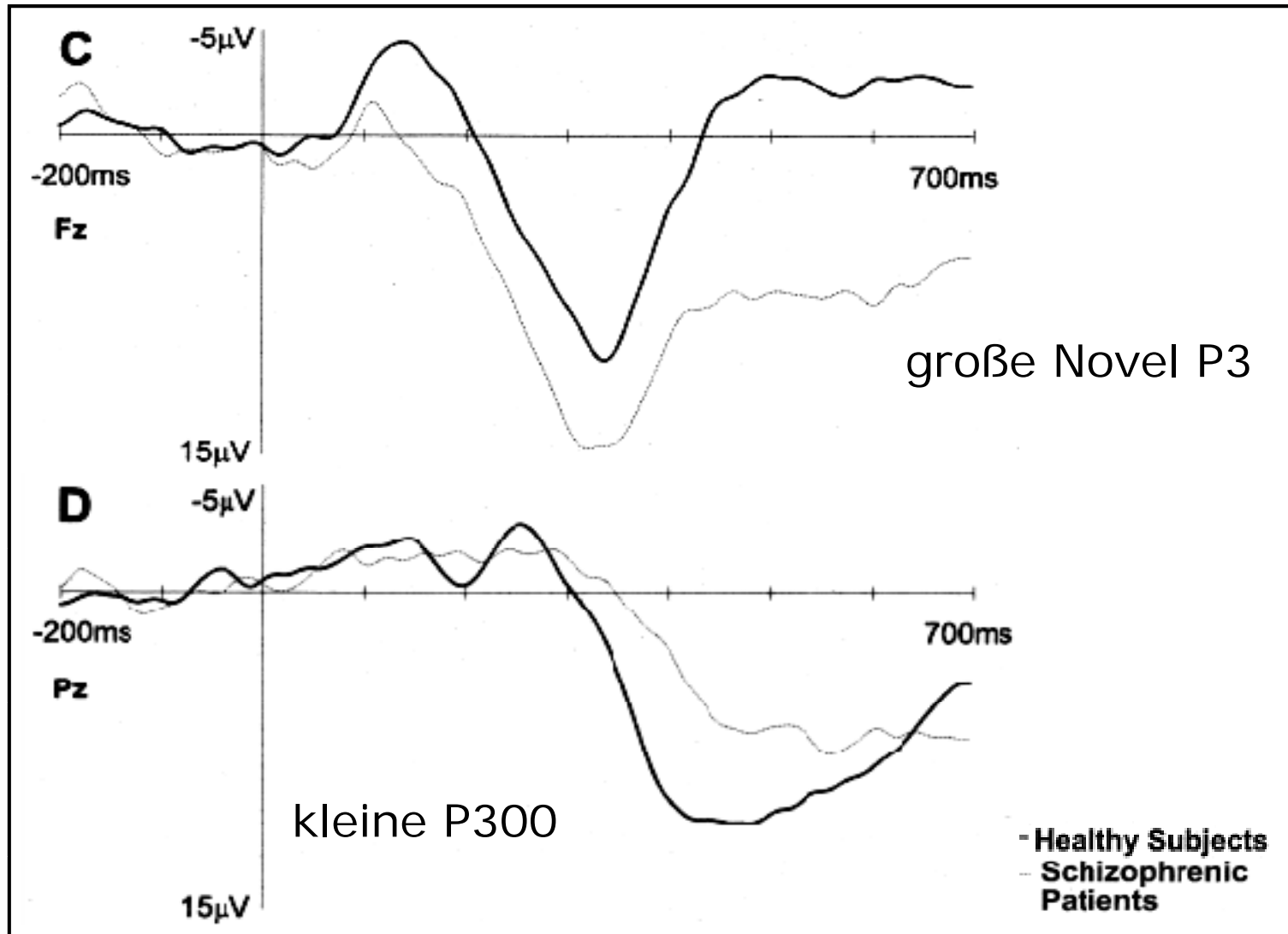
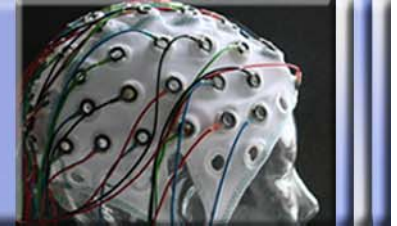
## Studie Schall, Catts, Karayanidis & Ward (1999)



- P3 bei Schizophrenen reduziert
- EKP Komponenten als spezifische Indizes für beeinträchtigte Gehirnfunktion im Zusammenhang mit schizophrenen Symptomen
  - positive Symptome: temporo-parietale Dysfunktion
  - negative Symptome: Hypofrontalität

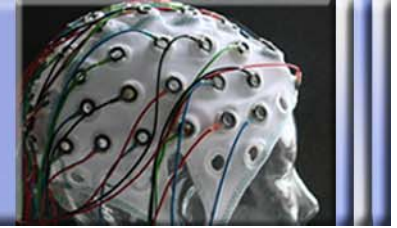


# Ergebnisse





# Interpretation



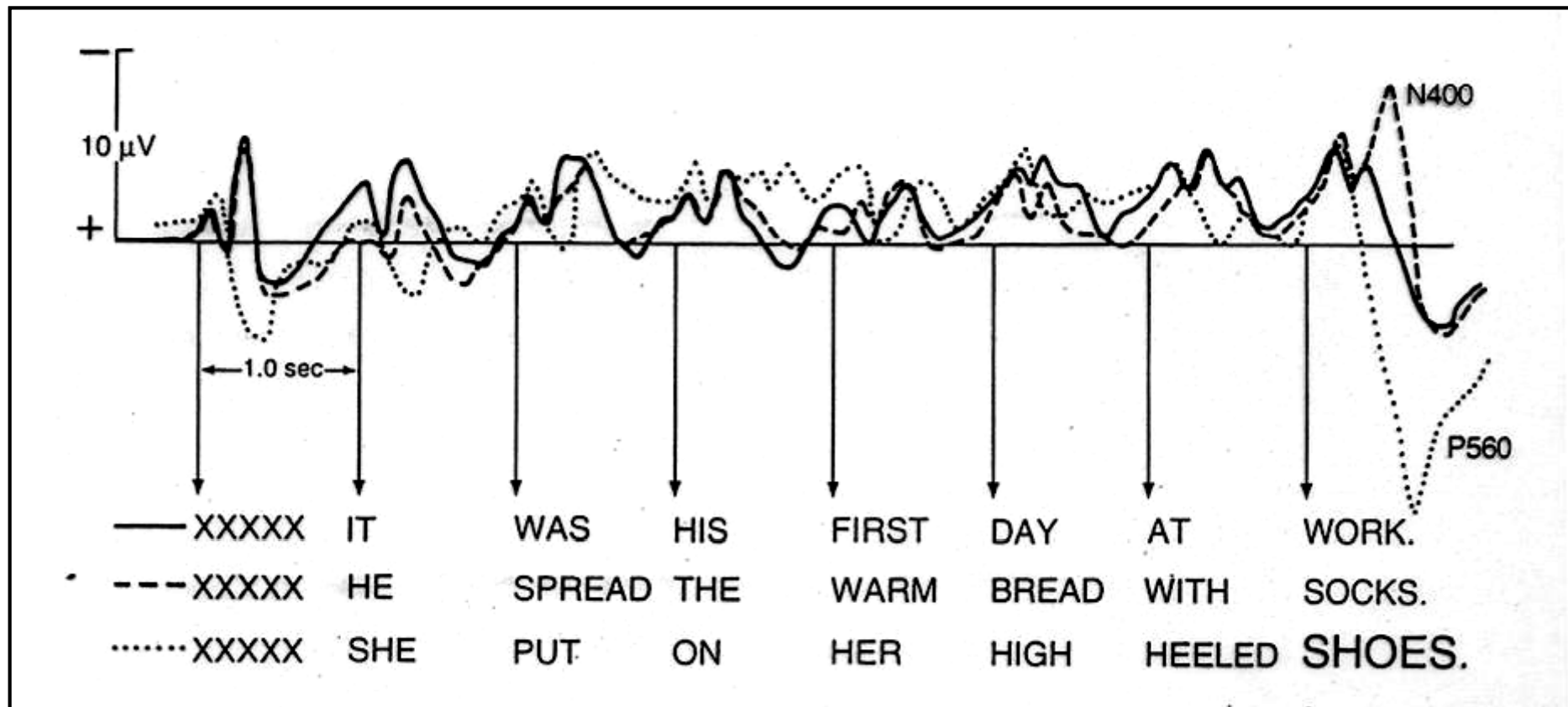
- P3a als Wechsel der Aufmerksamkeit
  - größere P3a → stärkere Ablenkbarkeit der Schizophrenen!!!
  - Hypofrontalität
- P300 als Abgleich des aktuellen Stimulus mit den vorherigen
  - kleinere P300 → schlechtere Reizdiskrimination der Schizophrenen
  - temporo-parietale Dysfunktion



# Die N400

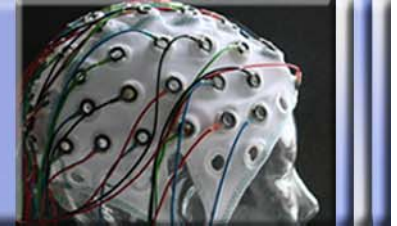


Negativierung auf semantische Abweichungen um etwa 400 ms

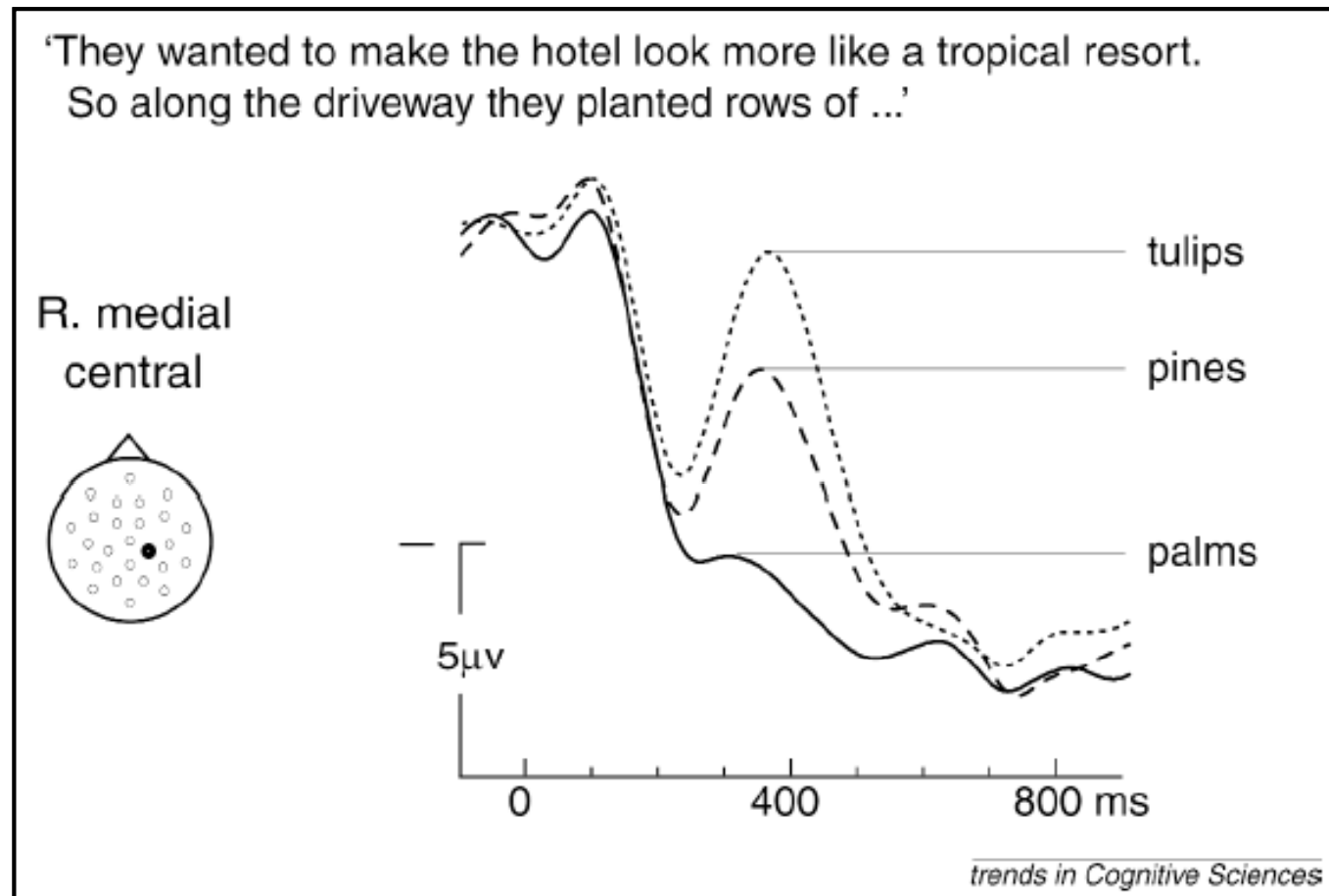




# Die N400

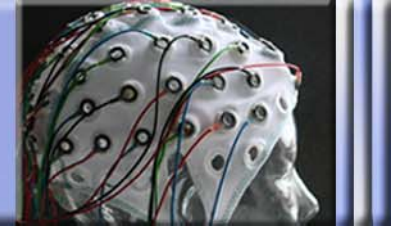


... reflektiert Einfluss semantischen Wissens

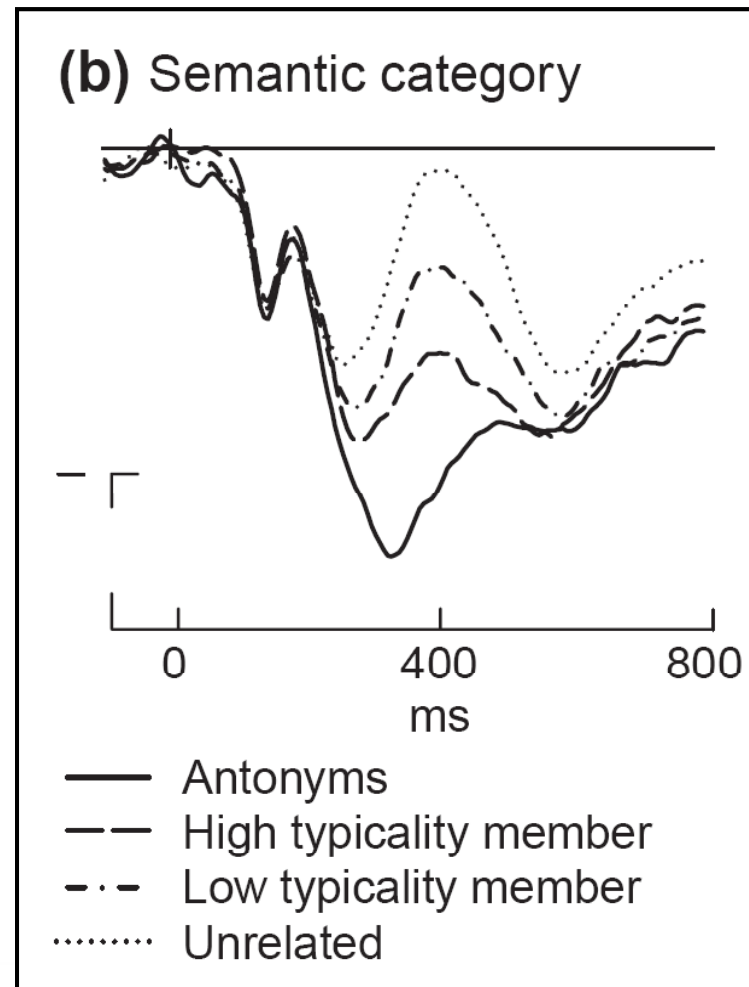




# Die N400



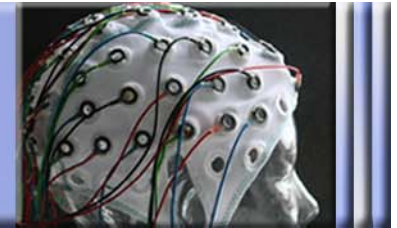
... auch bei Wortpaaren





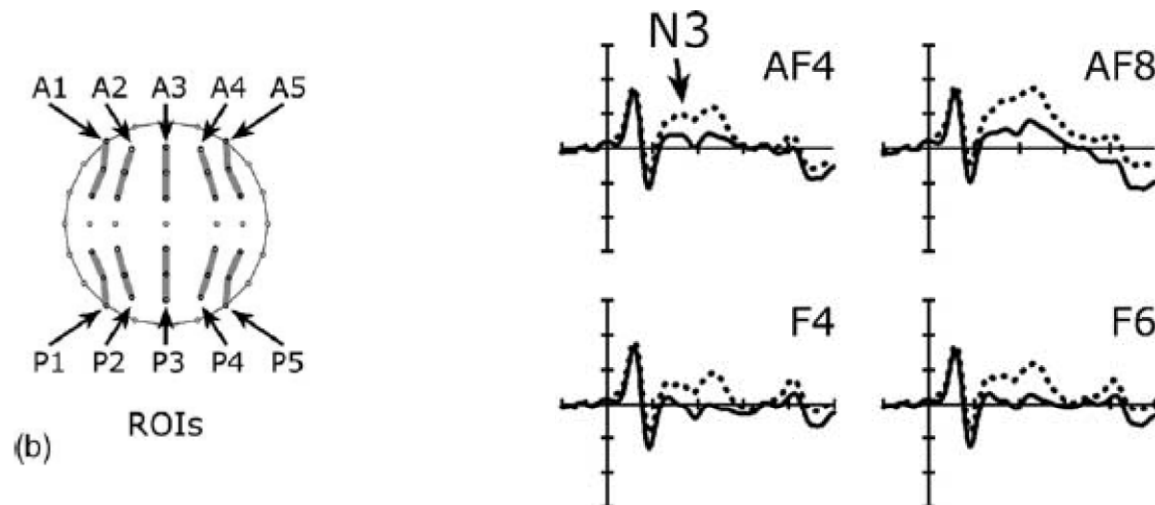
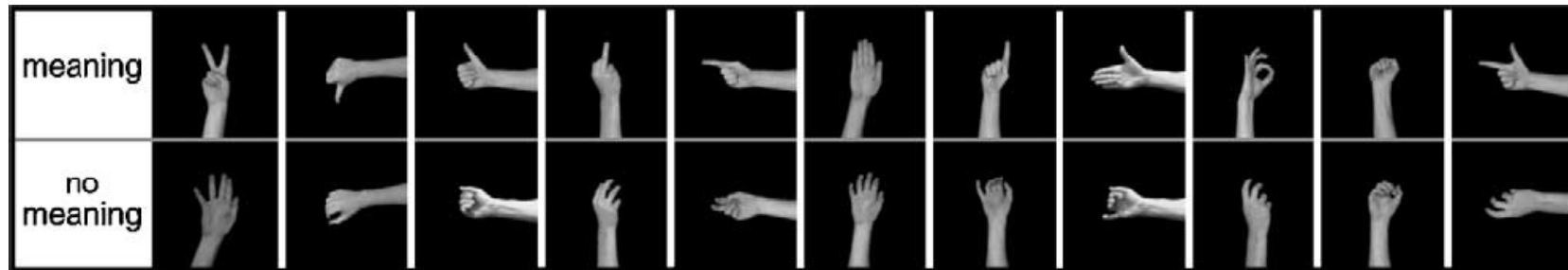


# Die N400



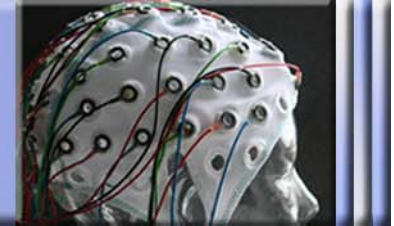
... Gesten

(Gunter & Bach, 2004)

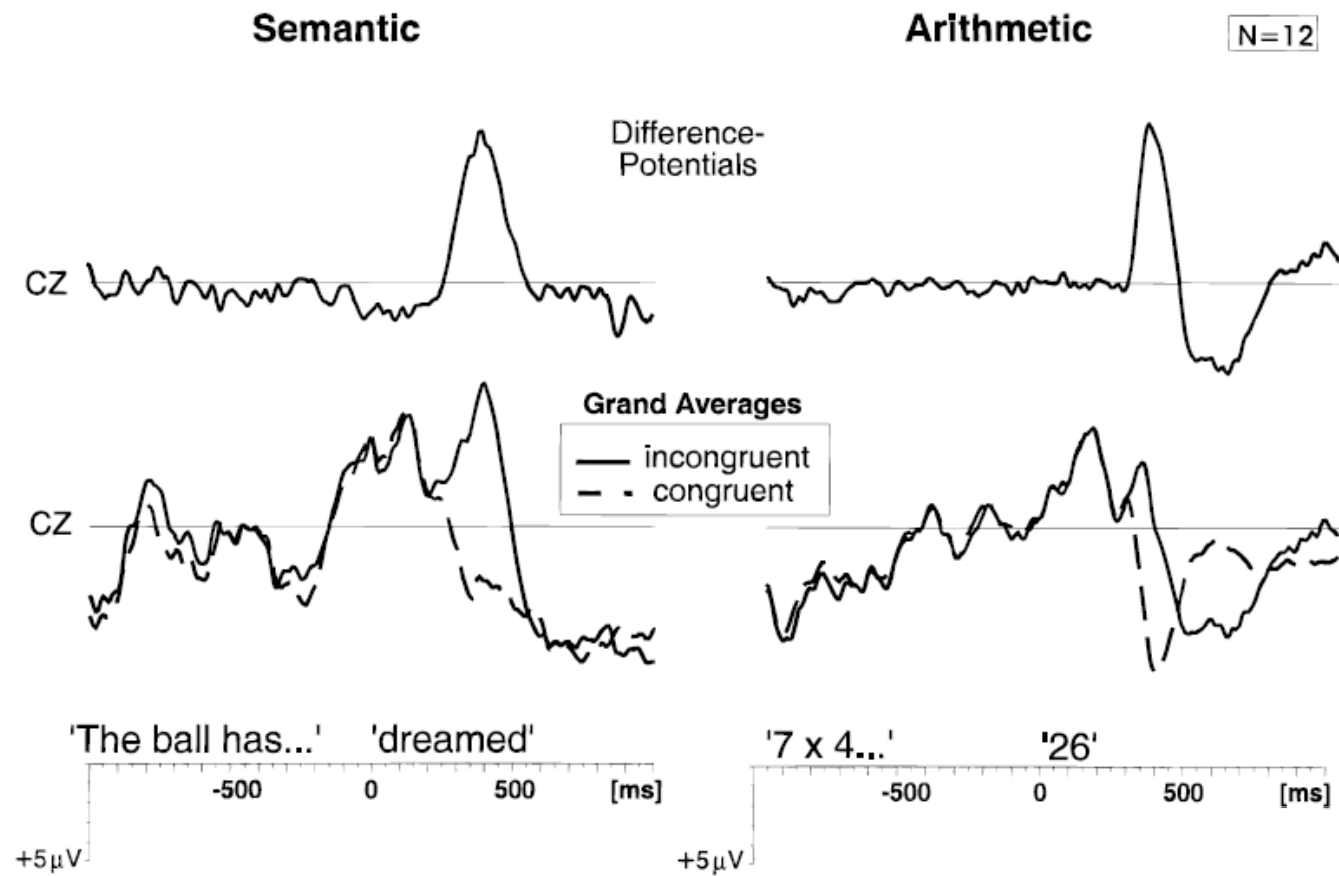


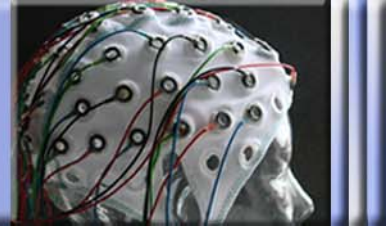


# Die N400



... und beim Kopfrechnen

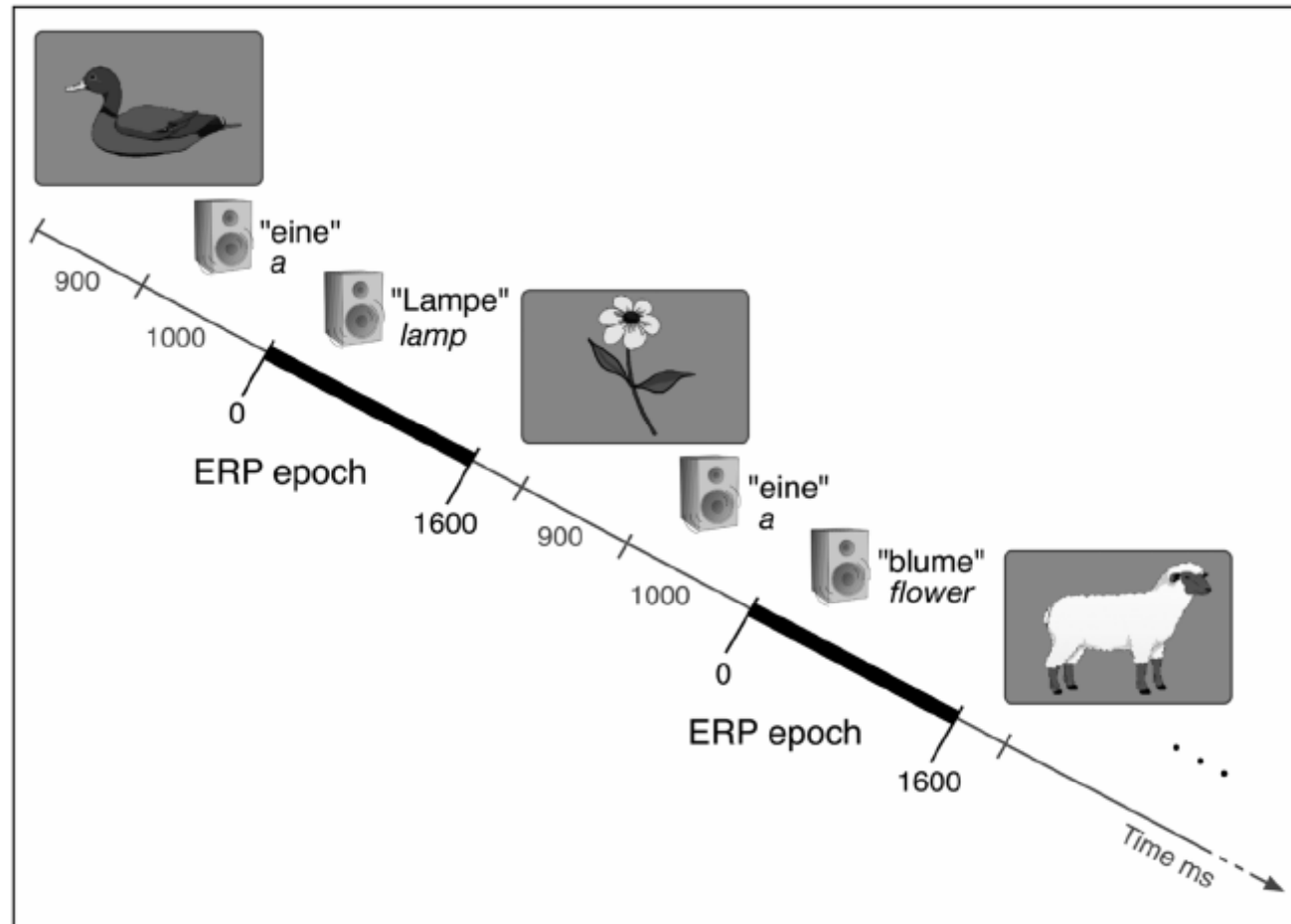
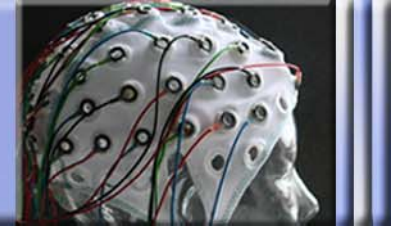




Wie finde ich heraus, ab welchem Alter Kleinkinder einfache Wörter verstehen?



# Friedrich, 2008





# Friedrich, 2008

